

Mind Building Case Study:

*Matching Alignment between Modular Product Architecture
and Supply Chain Structure in the House Building Industry*

Berri de Jonge



Universiteit Twente
de ondernemende universiteit

Faculty of Engineering Technology
Construction Management and Engineering

Enschede
26 juni 2007

Begeleiding:

Prof. Dr. Ir. J.I.M. Halman

Dr. J.T. Voordijk

Ir. E. Hofman





Woord vooraf

Voor u ligt het resultaat van de afronding van mijn studie Civiele Technologie & Management aan de Universiteit Twente. Deze afronding bestaat uit het doen van literatuur onderzoek en een koppeling van de literatuur met de praktijk, door middel van een case study.

Dit rapport is naast de afronding van mijn studie een overzicht van de stand van zaken in het Mind Building concept. Het rapport geeft een uitgebreid beeld van de productarchitectuur en de opbouw van een eerste versie van de bijbehorende supply chain.

Tot slot wil ik een aantal mensen bedanken die hebben bijgedragen aan de resultaten van mijn onderzoek. Natuurlijk mijn afstudeerbegeleiders op de universiteit: Joop Halman, Hans Voordijk en Erwin Hofman. Ik ben hen zeer dankbaar voor de enthousiaste begeleiding en hun kritische blik. Ook een speciale vermelding verdienen Jan Wind (Jan Wind Architecten) en Peter Kole (directeur New Business, Vos Bouwdivisie). Zij hebben mij een fantastische case aangeboden, waarin ik mijn onderzoek kon doen. Ook de ontwikkelpartners wil ik bedanken voor de openheid die ik in de Mind Building case heb gekregen. Verder rest mij de collega's bij Vos Bouwdivisie en bij Jan Wind Architecten te bedanken voor de gezellige tijd en hun support. Als laatste, maar niet als minst belangrijkste, wil ik mijn vriendin, ouders en zus bedanken. Zien ze mij dan toch eindelijk afstuderen...

Rest mij u nog veel leesplezier en inspiratie toe te wensen bij het lezen van dit rapport.

Gieterveen, juni 2007

Berri de Jonge



Samenvatting

In dit rapport beschrijf ik mijn onderzoek naar de relatie tussen productarchitectuur en de organisatie van de supply chain. Dit is het kader van het Ph.D. onderzoek van Ir. Erwin Hofman, die onderzoek doet naar de voorwaarden voor het succesvol ontwikkelen en implementeren van industriële platformgedreven concepten in de woningbouw. Ik heb me bezig gehouden met de vraag of de beschreven relaties tussen productarchitectuur en supply chain in andere industrieën ook van toepassing zijn in de bouw. Dit komt overeen met de derde deelvraag van het onderzoek van Hofman.

Als eerste stap heb ik literatuur onderzocht die productarchitectuur, de supply chain en de relatie tussen beide beschrijft. Daaruit valt te concluderen dat meer onderzoek gewenst is op het gebied van de cluster productarchitectuur, waarin de vragen worden gesteld zoals “hoe ziet de productarchitectuur eruit?”, “wie ontwerpt componenten en wie produceert de componenten?” en “hoe ziet de supply chain configuratie eruit?”. Tevens kan geconcludeerd worden dat de bestudeerde literatuur uitgaat van ‘single firms’ die een integraal product voortbrengen, dit in tegenstelling tot de bouwsector, waarin meerdere bedrijven per project in een decentraal netwerk een integraal product voortbrengen.

In een case study in een industrieel bouwconcept, Mind Building, ben ik op zoek gegaan naar hoe productarchitectuur en supply chain zijn ingericht en waarom. Dit heb ik aan de hand van een stappenplan gedaan: 1) beschrijving van de organisatie, 2) beschrijving productarchitectuur, 3) beschrijving sourcing van ontwerp en 4) beschrijving sourcing productie.

De productarchitectuur van Mind Building is ontwikkeld door twee partijen, namelijk Jan Wind Architecten en Vos Bouwdivisie. Gezamenlijk met adviserende partijen is het concept uitgewerkt. Het bouwconcept is modulair van aard en heeft de kenmerken van ‘combinatorial modularity’. De supply chain heeft de vorm van een centraal netwerk. Design rules worden centraal ontwikkeld en geborgd en de producerende partijen krijgen deze design rules opgelegd. Het ontwerp van het concept is door de samenwerkende partijen uitgevoerd. Voor de productie zijn externe partijen in het proces betrokken. Drie verschillende relaties worden in de productie sourcing toegepast: partnership, preferred suppliership en de traditionele inkooprelatie. Met de partijen die hebben meeontwikkeld en meeontwikkelen, wordt een partnership aangegaan. De partijen die op basis van specificaties de platformonderdelen produceren en daarvoor behoorlijke relatiespecifieke investeringen hebben moeten doen, worden preferred suppliers. Voor producten die op de markt verkrijgbaar zijn is het niet noodzakelijk om een speciaal contract op te stellen en wordt een traditionele inkooprelatie toegepast.

Het blijkt uit de case study dat het noodzakelijk is om een vorm van integratie toe te passen in de relaties die traditioneel versnipperd zijn. Zonder integratie van relaties blijkt het niet mogelijk om in de bouw 1) design rules te ontwikkelen en 2) de benodigde componenten te produceren.



Inhoudsopgave

Woord vooraf	2
Samenvatting	3
Inhoudsopgave	4
Inleiding	5
Achtergrond onderzoek	5
Platformgedreven ontwikkelingen in de bouw.....	5
Leeswijzer.....	6
1 Onderzoeksopzet	7
§ 1.1. Probleemstelling	7
§ 1.2. Doelstelling.....	7
§ 1.3. Hoofdvraag.....	7
§ 1.4. Onderzoeksmodel en centrale vragen.....	7
§ 1.5. Onderzoeksstrategie	9
§ 1.6. Onderzoeksmethode: Single-case study	9
2 Theoretisch kader en kernbegrippen	10
§ 2.1. Productarchitectuur	10
§ 2.2. Supply Chain	13
§ 2.3. Relatie tussen productarchitectuur en de supply chain	15
§ 2.4. In het perspectief van de specifieke bouwsetting	18
§ 2.5. Structuur case study onderzoek	19
3 Case Study beschrijving: Mind Building	20
§ 3.1. Beschrijving van de organisaties in de case study	20
§ 3.2. Productarchitectuur Mind Building.....	22
§ 3.3. Sourcing	28
4 Conclusies	35
§ 4.1. Productarchitectuur	35
§ 4.2. Supply chain.....	35
§ 4.3. Relatie productarchitectuur en supply chain.....	35
5 Aanbevelingen	37
§ 5.1. Aanbevelingen Mind Building	37
§ 5.2. Aanbevelingen voor vervolgonderzoek.....	37
6 Literatuurlijst	38
Colofon	41
Bijlage 1: Kernbegrippen & definities	I
Bijlage 2: Stappenplan Case Study Protocol	III
Bijlage 3: Concernschema	IV
Bijlage 4: Tijdbalk ontwikkeling	V
Bijlage 5: Opties contractuele relaties	VI



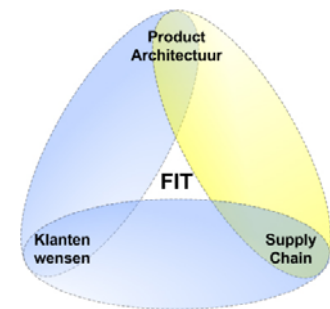
Inleiding

In dit rapport beschrijf ik mijn case study onderzoek in een industrieel modulair bouwconcept genaamd Mind Building.

Achtergrond onderzoek

In de zomer van 2003 is de afdeling Construction Management & Engineering gestart met een strategisch afstudeerprogramma 'Platformgedreven ontwerpen en uitvoeren in de bouw'. Het onderzoekprogramma beoogt de mogelijkheden en beperkingen te verkennen tot het implementeren van de concepten van platformgedreven innoveren die gericht zijn op het kunnen aanbieden van betaalbare, op de individuele afnemer toegesneden oplossingen. Centrale vraagstelling hierbij is wat de mogelijkheden en beperkingen zijn tot het platformgedreven ontwikkelen van bouwconcepten en het uitvoeren van deze bouwconcepten. Inmiddels zijn er oriënterende voorstudies (2003), verkennende studies naar mogelijkheden en beperkingen van actoren (2004) en studies naar de implementatie van platformprincipes (2005) verricht.¹

In 2005 is Ir. Erwin Hofman gestart met een vierjarig Ph.D programma met als centrale probleemstelling: "What are the requirements for successfully developing and implementing industrial platform driven concepts in the house building industry?". In Figuur 1 zijn schematisch de onderwerpen en hun relaties weergegeven waarop het onderzoek van Hofman zich richt.



Figuur 1: Concurrent engineering perspective

In het kader van dit Ph.D onderzoek is een afstudeerplatform² samengesteld, om het onderzoek van Hofman te ondersteunen.

Het onderdeel waar het afstudeerplatform zich op richt is de derde deelvraag van Hofman: 'How to organize the value chain in order to successfully develop and implement product platforms within a mass customized setting', het rechter gedeelte in Figuur 1, wat de relatie tussen productarchitectuur en de supply chain voorstelt.

Platformgedreven ontwikkelingen in de bouw

In een dynamisch concurrerende omgeving is de ontwikkeling van nieuwe producten en processen een belangrijk aandachtspunt voor veel bedrijven. Het verkorten van "product life cycles", snelle veranderingen in technologie en stijgende internationale concurrentie en de vraag van consumenten naar meer variatiemogelijkheden, zijn enkele beweegredenen van nieuwe procesontwikkelingen (Ulrich, 1995; Hofman, 2006). In de zoektocht van bedrijven om de complexiteit te managen, die het bieden van een grotere product variatie tegen accepteerbare kosten met zich meebrengt, nemen bedrijven platform gedreven ontwikkelingen in overweging (Gupta en Krishnan, 1999; Hofman, 2006).

¹ Meer info op <http://www.cme.ctw.utwente.nl/onderwijs/afstuderen/index.html>

² Afstudeerplatform bestaande uit Wouter van Uem, Robert Schuttinga en Berri de Jonge



In de woningbouwindustrie is het toepassen van platform gedreven ontwikkelingen een nieuw en minimaal onderzocht onderwerp. Woningbouwers zijn verschillende manieren aan het ontwikkelen om meer klantgerichte oplossingen te bieden in woningontwerpen. Meer variatie geeft een grotere waarschijnlijkheid dat de klant de optie vindt die hij prefereert. Om een dergelijke variatie aan te bieden tegen accepteerbare kosten, is het belangrijk om te weten hoe de processen moeten worden ingericht. Hofman (2004) heeft daarom de klantenwensen met betrekking tot het aanbieden van invloed op het ontwerp in de woningbouw in kaart gebracht. Veenstra (2005) heeft met de methode van Martin en Ishii deze klantenwensen vertaald in een productontwerp van een woning, waarbij bepaalde onderdelen worden gestandaardiseerd en andere onderdelen gemodulariseerd.

Vervolgens blijft de link van productontwerp naar de totstandkoming van de woning (supply chain) over en dit is tot nu toe onbekend gebied. Er zijn tot zover nog geen systematische ontwerp methodes die kunnen worden gebruikt in de specifieke setting van de woningbouwindustrie om de productarchitectuur te linken aan de supply chain.

Leeswijzer

In hoofdstuk 1 wordt de onderzoeksopzet uiteengezet, de probleemstelling, doelstelling, hoofdvraag en onderzoeksmodel komen aan bod. Tevens wordt de onderzoeksstrategie en onderzoeksmethode behandeld. Vervolgens wordt in hoofdstuk 2 het theoretisch kader van dit onderzoek gevormd, door het weergeven van de resultaten van het literatuuronderzoek. Hoofdstuk 3 beschrijft de case study, het Mind Building concept, aan de hand van de productarchitectuur, de sourcing voor het ontwerp en de sourcing voor productie. Als laatste worden in hoofdstuk 4 de conclusies van het onderzoek weergegeven en worden in hoofdstuk 5 aanbevelingen gedaan voor Vos Bouwdivisie en Jan Wind en voor vervolgonderzoek.



1 Onderzoeksopzet

In dit hoofdstuk wordt de gekozen onderzoeksopzet beschreven. Aan bod komen de probleemstelling, de doelstelling, hoofdvraag en het onderzoeksmodel. In paragraaf 1.5 wordt de onderzoeksstrategie uiteengezet en in paragraaf 1.6 de toegepaste onderzoeksmethode: de singe-case study.

§ 1.1. Probleemstelling

Bedrijven die zich richten op de woningbouw kunnen veel voordeel halen uit een toespitsing van bestaande inzichten op het gebied van platform-concepten en de organisatie van de supply chain op hun sector. Mogelijk kan de prestatie van het bedrijf verbeterd worden. De vraag die hierbij speelt, is op welke wijze dit kan. Bij de universiteit bestaat de wens om de organisatie van de supply chain en het gebruik van platform-concepten in de woningbouw te kunnen vergelijken met een theoretisch model dat aansluit bij bestaande inzichten. In dit onderzoek worden beide onderdelen onderzocht.

§ 1.2. Doelstelling

Het doel van het onderzoek is als volgt geformuleerd:

Het achterhalen van de relatie tussen productarchitectuur en supply chain structure in een modulair bouwconcept, door bestaande theorieën uit andere industrieën over deze relatie te bestuderen en de productarchitectuur en supply chain te onderzoeken in een modulair bouwconcept.

§ 1.3. Hoofdvraag

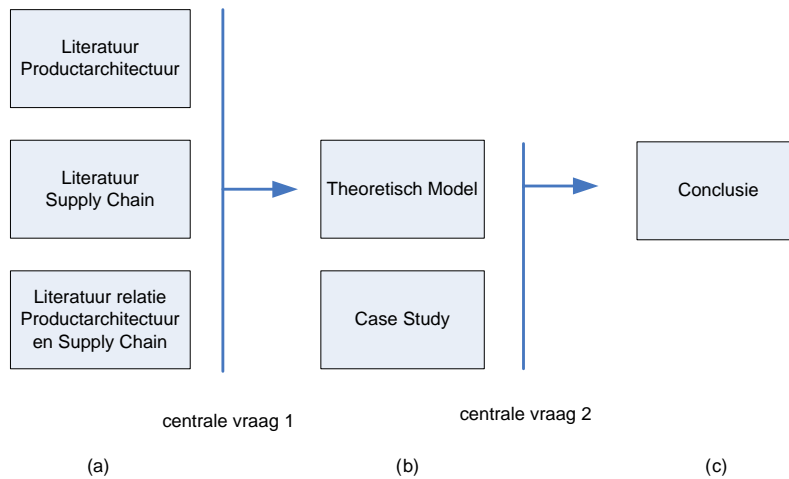
De hoofdvraag van dit onderzoek luidt:

Hoe wordt de supply chain ingericht bij een in ontwikkeling zijnde modulaire productarchitectuur in de bouw?

De hoofdvraag van het onderzoek probeert extra kennis en inzicht te verschaffen voor de derde onderzoeksvraag van het Ph.D onderzoek van Erwin Hofman die luidt: "Hoe dient de supply chain georganiseerd te worden om succesvol product platforms te ontwikkelen en te implementeren binnen consument gerichte woningbouw?"

§ 1.4. Onderzoeksmodel en centrale vragen

Om een globaal overzicht te krijgen over de verschillende stappen die gezet moeten worden om de doelstelling te bereiken is een onderzoeksmodel opgesteld. In Figuur 2 staat het onderzoek in kernwoorden weergegeven. Het onderzoeksobject, het fenomeen dat in dit onderzoek bestudeerd wordt, namelijk de configuratie van de productarchitectuur en de supply chain in een woningbouworganisatie, staat hierin centraal. Het onderzoeksobject wordt geanalyseerd op basis van een speciaal daarvoor ontwikkelde onderzoeksoptiek. Deze onderzoeksoptiek wordt gevormd op basis van theorieën over: productarchitectuur, supply chain, de relatie tussen beide. Voor dit onderzoek is het onderzoeksmodel opgesteld dat in Figuur 2 is weergegeven.



Figuur 2: Onderzoeksmodel

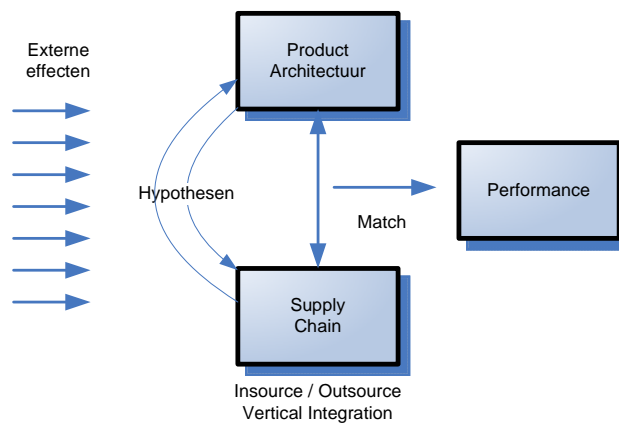
Verwoording onderzoeksmodel:

(a) Een bestudering van literatuur over productarchitectuur, supply chain, de relatie tussen beide uit andere industrieën levert relaties en factoren die in een theoretisch model worden geplaatst. Dit theoretisch model (b) wordt getest in een woningbouw specifieke setting (c) wat resulteert in conclusies met betrekking tot de relatie tussen productarchitectuur en de supply chain in de bouw en de invloedsfactoren hierop.

Als centrale vragen zijn gesteld:

- Centrale vraag 1: Welke relaties tussen productarchitectuur en supply chain kunnen worden gelegd op basis van de literatuur?
- Centrale vraag 2: Op welke wijze verhoudt het theoretische model zich tot de setting van productarchitectuur en de supply chain in de case?

Het opgestelde theoretisch model dient als basis voor het case study onderzoek. Het model is uitgewerkt in een onderzoeksplan dat in bijlage 2 is toegevoegd. De case study geeft inzicht in een ontworpen productarchitectuur (§3.2) en de daarbij ingerichte supply chain (§3.3).



Figuur 3: Relatie tussen productarchitectuur en supply chain



§ 1.5. Onderzoeksstrategie

Als onderzoeksstrategie is een gefundeerde theoriebenadering gebruikt. Een gefundeerde theoriebenadering is een kwalitatieve benadering waarin de onderzoeker voortdurend verschillende zaken die in de werkelijkheid worden waargenomen met elkaar en met de theoretische uitgangspunten vergelijkt (Verschuren en Doorewaard 2004).

In dit onderzoek is eerst diepgaand literatuur bestudeerd die de relatie tussen productarchitectuur en supply chain beschrijft in andere industrieën dan de woningbouw (zoals de auto-, fiets-, en vliegtuigindustrie). Dit omdat er voor de woningbouw geen specifieke literatuur bestaat over de relatie tussen productarchitectuur en supply chain. Uit de bestudeerde literatuur, die de relatie productarchitectuur – supply chain beschrijft in andere industrieën (zoals auto-, fiets en vliegtuigmotorindustrie), is een model opgesteld die de relatie beschrijft tussen productarchitectuur en supply chain. Dit model dient als theoretisch uitgangspunt voor de vergelijking met de werkelijkheid (zie hoofdstuk 2).

Aan de hand van het theoretische model is onderzoek gedaan in de praktijk: de case study Mind Building. Mind Building is als case study gekozen vanwege de grote modulariteit van de ontwikkelde productarchitectuur en de wijze waarop de verschillende marktpartijen op basis van vertrouwen met elkaar samenwerken in de ontwikkeling en de daaruit volgende productie.

§ 1.6. Onderzoeksmethode: Single-case study

De case study bij Vos Bouwdivisie (afdeling New Business) is van mei 2006 tot en met maart 2007 uitgevoerd binnen het Mind Building concept dat is ontwikkeld door Jan Wind Architecten en Vos Bouwdivisie in samenwerking met geselecteerde ontwikkelpartners.

In de periode van de case study bevindt de ontwikkeling van het concept zich in een afrondende fase, waarin de laatste technische ontwikkelingen getest moeten worden in een te bouwen pilotwoning. Ook wordt gewerkt aan een pilotproject van 32 geschakelde woningen in het systeem. Tevens is men tijdens de case study periode op zoek naar project overstijgende leveranciers voor de platform modules van het concept.

De data is verzameld in de case study door "*participatory observation*" (Yin 2003). De onderzoeker is volledig in het proces van ontwikkeling betrokken geweest tijdens de case study periode, zowel op platform- als projectniveau. Door de ontwikkelende partijen is volledige medewerking verleend. Door middel van gesprekken met de ontwikkelende partijen, aanwezig te zijn bij bouwteamvergaderingen, contractbesprekingen van ontwikkelende partners (co-maker overleggen), gesprekken met adviseurs omtrent het opzetten van de organisatie en gesprekken met mogelijke (prefab-beton)leveranciers, kon een zeer rijk beeld van de productarchitectuur en de organisatorische keuzes in de case study worden gevormd. In totaal zijn er 24 verschillende personen meerdere malen gesproken. Tevens is tijdens de case study extra relevante literatuur onderzocht om de verzamelde data te kunnen verklaren. Bevindingen uit de literatuur konden tevens direct aan de ontwikkelende partijen worden voorgelegd, zodat dit meegenomen kon worden in de ontwikkeling van het systeem en de keuze van de inrichting van de organisatie.



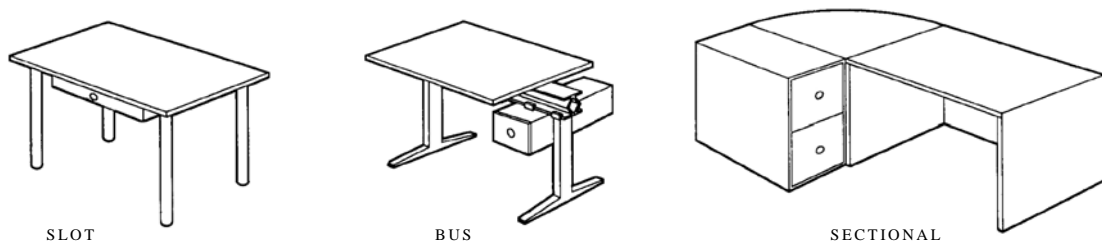
2 Theoretisch kader en kernbegrippen

In dit hoofdstuk worden de uitkomsten van het literatuuronderzoek beschreven. Zoals tevens weergegeven in het onderzoeksmodel in de inleiding is voornamelijk literatuur bestudeerd over productarchitectuur (§2.1), de supply chain (§2.2) en literatuur die de relatie tussen beide beschrijft (§2.3) in andere industrieën dan de bouw. Gezamenlijk vormt dit het theoretisch kader voor het onderzoek.

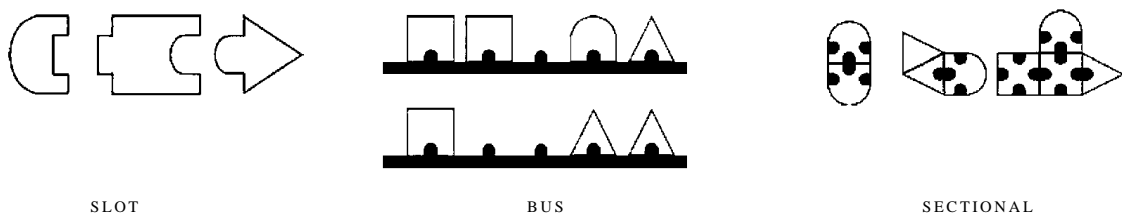
§ 2.1. Productarchitectuur

In de literatuur is veel geschreven over productarchitectuur. Over het algemeen wordt de definitie van Ulrich genomen als basis: “productarchitectuur is de (1) weergave van functionele elementen, (2) de koppeling van de functionele elementen aan fysieke componenten en (3) de specificatie van de interfaces tussen de specifieke componenten. Binnen productarchitectuur zijn twee uitersten aan te wijzen, namelijk een modulaire en een integrale architectuur” (Ulrich, 1995; Hofman, 2004). Sosa et al. (2004) beschrijven een modulair systeem als een systeem waarbij de interfaces met andere systemen zijn geclusterd met een klein aantal systemen.

Ulrich (1995) onderscheidt drie types modulaire architectuur: slot, bus en sectional. Deze types onderscheidt Ulrich door de wijze waarop de interfaces zijn vormgegeven. Het kenmerk van slot architectuur is dat gebruik gemaakt wordt van verschillende interfaces tussen de verschillende modules. Bus architectuur wordt gekenmerkt door gebruik te maken van dezelfde interfaces die gekoppeld worden aan een ‘bus’. In sectionele architectuur worden alle modules gekoppeld met dezelfde interfaces. Dit heeft Ulrich treffend uitgebeeld in de productarchitectuur van een bureau (Figuur 4). In Figuur 5 worden de drie types van modulaire architectuur schematisch weergegeven.



Figuur 4: Drie types modulaire architecturen (Ulrich, 1995)



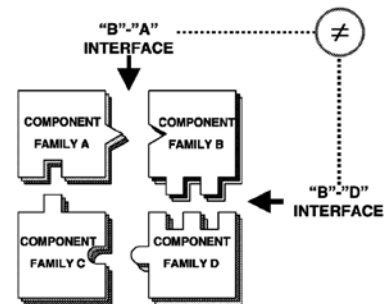
Figuur 5: Schematisering modulaire architecturen van Ulrich 1995 (Salvador, 2002a)



Salvador et al. (2002a) werken slot-modulariteit verder uit op basis van variatie in componenten die gezamenlijk het product vormen. Salvador et al. gaan uit van de term componenten, maar componenten zou ook vervangen kunnen worden door de term modules.

Onder andere onderscheidt hij 'combinatorial modularity'. Dit type productarchitectuur heeft de volgende kenmerken:

- 1) het systeem wordt gevormd door het koppelen van componentfamilies, met gestandaardiseerde interfaces per paar;
- 2) iedere componentfamilie bestaat uit 2 of meer verschillende componenten met dezelfde interfaces;



Figuur 6: Combinatorial modularity
(Salvador et al., 2002a)

In Figuur 6 is 'combinatorial modularity' schematisch weergegeven in een product dat bestaat uit de koppeling van vier componentfamilies. Iedere componentfamilie bezit meerdere componentvarianten waaruit gekozen kan worden. De families zijn per specifiek paar gekoppeld doormiddel van een gestandaardiseerde interface, bijvoorbeeld tussen familie "B" en "A" en tussen familie "B" en "D".

Als voorbeeld van 'combinatorial modularity' noemen Salvador et al. onder andere de productie van commerciële vrachtwagens, waarbij de cabine, het frame, de motor en de transmissie als componentfamilies worden beschouwd. Voor ieder component worden verschillende varianten aangeboden. Met 3 cabine, 2 frame, 4 motor en 3 transmissie varianten kunnen in totaal 72 (3x3x4x3) verschillende types vrachtwagens worden aangeboden.

2.1.1 Design rules

Design rules zijn principes die definiëren hoe een systeem werkt, wat het systeem doet en hoe het is gemaakt (Baldwin & Clark, 2000; Brusoni en Prencipe, 2006). Design rules worden door Baldwin en Clark (2000) onderverdeeld in onderstaande categorieën:

- *Architectuur*: specificeert welke modules onderdeel zijn van het systeem en wat de functie van deze modules is;
- *Interfaces*: beschrijven hoe modules op elkaar passen, aansluiten en communiceren;
- *Standaarden*: biedt mogelijkheden voor het testen van een module;
- *Ontwerp vrijheid*: de vrijheid die mogelijk is binnen de bepaalde bandbreedte.

De verschillende types modulariteit hangen nauw samen met de wijze van koppeling van de componenten. De drie types modulaire architectuur van Ulrich (1995) zijn geïnclassificeerd aan de hand van hun interface. Een interface is een fysieke koppeling tussen een of meerdere componenten. Een interface is ontkoppeld wanneer variatie, binnen een vastgestelde bandbreedte, in de dimensies van het ene component geen aanpassing vergt aan de dimensies van de tweede component. Wanneer aanpassing aan het ene component wél aanpassing vraagt van de dimensies van de tweede component spreken we van een gekoppelde interface (Ulrich 1995).



Design rules kunnen worden onderscheiden op basis van het type afhankelijkheid tussen de componenten (Sosa et al. 2003; Fixson 2005), namelijk:

- Spatial: fysieke afhankelijkheid voor assemblage, onderhoud of gewicht.
- Structural: overbrenging van krachten.
- Energy: overbrenging van energie die vrijkomt door warmte, vibraties, elektriciteit of geluid.
- Material: overbrenging van lucht, olie, brandstof of water.
- Information: overbrenging van signalen.

2.1.2 Platform

Robertson en Ulrich (1998) definiëren een platform als een verzameling van middelen die worden gedeeld door meerdere producten. Meyer & Lehnerd (1997) definiëren een platform op een soortgelijke wijze als een combinatie van subsystemen en interfaces waarmee een reeks van derivaten efficiënt kunnen worden ontwikkeld en geproduceerd. Halman et al. (2003) noemen als criteria voor platformelementen hun hoge toepassingsgraad onder producten, terwijl gewenste differentiatie kan worden bereikt middels niet-platform elementen. Het platform vormt de basis van alle individuele producten binnen een productfamilie.

Platformen komen in verschillende vormen voor, voorbeelden zijn productplatformen, proces- en klantenplatformen.

2.1.3 Productplatform

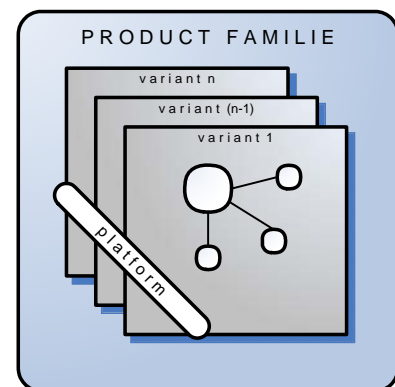
In dit onderzoek wordt gekozen voor de definitie van Meyer en Lehnerd (1997) voor een product platform: "a relatively large set of product components that are physically connected as a stable sub-assembly and are common to different final models".

2.1.4 Procesplatform

Een procesplatform is een specifieke setting van het productiesysteem waarmee eenvoudig de gewenste variatie van de producten kan worden geproduceerd. Een goed ontwikkeld productieproces omvat flexibele gereedschappen (bijvoorbeeld programmeerbare robots), flexibele supply chains en weldoordachte voorraadsystemen.

2.1.5 Productfamilie

Een productfamilie is niet hetzelfde als een product platform of een individueel product (Hofer en Halman, 2003). Een productfamilie is de collectie van producten die dezelfde middelen delen (dus hetzelfde platform, hetzij product of proces) (Meyer en Utterback, 1993; Sawnhay, 1998; Hofer en Halman, 2003).

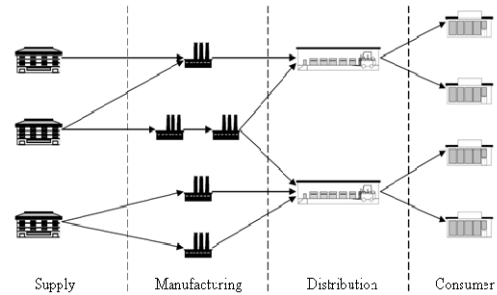


Figuur 7: Productfamilie



§ 2.2. Supply Chain

Over het algemeen wordt een supply chain omschreven als een proces waarin grondstoffen worden verwerkt tot uiteindelijke producten, die vervolgens worden geleverd aan klanten via distributie, retail (klein- of detailhandel) of beide (Beamon 1999). Dit is weergegeven in Figuur 8. Complexiteit van een supply chain ontstaat door het aantal faciliteiten in elke groep en het aantal groepen (supply, manufacturing, distribution, consumer) in een keten.



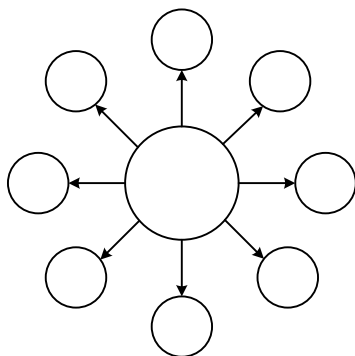
Figuur 8: Supply Chain, Beamon (1999)

Naim en Barlow (2003) hanteren de definitie van Stevens (1989): ‘een systeem dat onderdelen voorbrengt, inclusief materiaalleveranciers, productiefaciliteiten en distributiekanaal, verbonden met elkaar door een ‘feed-forward flow’ van materialen en een ‘feed-back flow’ van informatie (vraag).

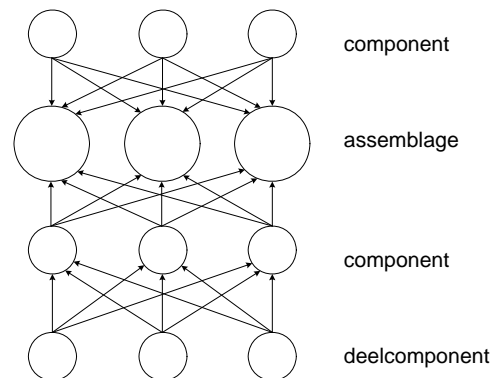
Als definitie voor de supply chain is in dit onderzoek gekozen voor de definitie van Krishnan en Ulrich (2001, pp. 8), namelijk “de supply chain is het geheel van interne en de externe stromen van materialen, kennis en diensten in een bedrijf”. Deze definitie bakent de supply chain af, zodat gekeken kan worden naar de supply chain vanuit één bedrijf.

2.2.1 Netwerken

Een supply chain van een bedrijf kan worden gekarakteriseerd aan de hand van de opbouw van het netwerk waarin het actief is. In Figuur 9 en Figuur 10 zijn twee basistype netwerken weergegeven (Langlois en Robertson, 1992): een centraal netwerk en een decentraal netwerk. De richting van de pijlen geven in beide netwerken de richting van de design rules aan. In een centraal netwerk worden de producten tegenovergesteld aan de richting van de design rules geleverd en in een decentraal netwerk worden de producten in dezelfde richting als de pijl geleverd.



Figuur 9: Centraal netwerk



Figuur 10: Decentraal netwerk

In een centraal netwerk bepaalt dus één bedrijf de standaarden, waaraan de overige producenten zich aan moeten conformeren om een werkend geheel te krijgen. Het bedrijf dat zich in het middelpunt van het netwerk positioneert neemt de rol van *systems architect* op zich (Baldwin and Clark, 1997).



In een decentraal netwerk is het noodzakelijk dat de standaarden gezamenlijk door producenten en gebruikers/assembleurs worden opgesteld. Niemand heeft de macht om standaarden te kunnen afdwingen. Als een partij dit wel probeert loopt deze juist het risico om te worden uitgesloten als de andere partijen niet volgen (Langlois en Robertson, 1992).

Een ander karakteristiek van een supply chain zijn de types relaties tussen de partijen. Een relatie kan gekarakteriseerd worden door de regelmatigheid of juist onregelmatigheid van samenwerken, de tijdsplan waarin de relatie plaats heeft en het aantal suppliers per component. Op basis van deze karakteristieken worden de volgende type relaties onderscheiden:

Relatie:	Contract op basis van:	Aantal suppliers per component:
traditionele inkoop	per project	veel
preferred supplier	langdurige contracten (project overstijgend, meerdere jaren)	weinig (1 tot 3)
partner	langdurig (project overstijgend, meerdere jaren)	1

Tabel 1: Relatietypen gebaseerd op: Dyer (1998)

Schilling onderscheidt verschillende relaties op een schaal van traditionele inkoop tot hierarchy. De termen die zij gebruikt op deze schaal zijn: traditional procurement, preferred supplier, alliance en joint-venture.

2.2.2 Sourcing

Partijen kunnen om verschillende redenen worden betrokken in het sourcingproces. Uit de onderzochte literatuur zijn een aantal redenen te onderscheiden waarom een bedrijf gaat outsourcen en dus producten of diensten door andere bedrijven laat uitvoeren. De belangrijkste redenen die worden gegeven (Fine en Whitney, 1999; Ullrich en Ellison, 2005) kunnen als volgt worden samengevat:

- **Capability:** het bedrijf kan het item op de een of andere manier niet zelf maken
- **Manufacturing Competitiveness:** de supplier heeft bepaalde voordelen voor de productie die het bedrijf niet zelf heeft, zoals bijvoorbeeld lagere kosten (external economies of scale) of een snellere beschikbaarheid van het product (immediate acces to capabilities).
- **Technologie:** het item van de supplier is beter voor een of meerdere mogelijke redenen.

Daarentegen bestaan er ook redenen waarom een bedrijf niet gaat outsourcen:

- **Competitive knowledge:** het item is cruciaal voor de performance van het product of de vaardigheid in het produceren.
- **Customer visibility / Market differentiation:** een bedrijf zou dat moeten maken wat voor de klant het belangrijkste is of wat het product onderscheidt in de markt, de rest kan het bedrijf inkopen.

Fine en Whitney (1999) vatten deze aspecten samen in een afhankelijkheid van capaciteit en een afhankelijkheid van kennis.



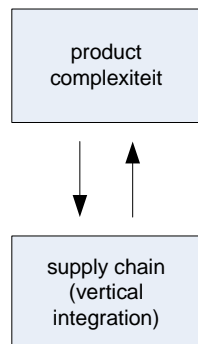
§ 2.3. Relatie tussen productarchitectuur en de supply chain

In deze paragraaf worden de belangrijkste resultaten van het literatuurstudie onderzoek naar de relatie tussen productarchitectuur en de supply chain weergegeven. Aan bod komen Novak en Eppinger (2001), Sosa et al. (2004), Randall en Ullrich (2001) en Salvador et al. (2002a, 2002b).

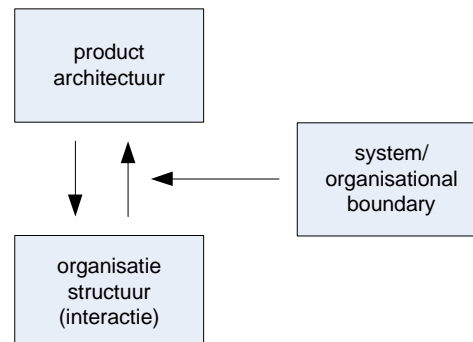
Novak en Eppinger (2001) hebben onderzoek gedaan naar de relatie tussen productcomplexiteit en verticale integratie in de auto-industrie (Figuur 11: Novak en Eppinger (2001)) en hebben deze ook statistisch getest. Als basis voor de opgestelde hypothesen nemen zij de transactiekosten theorie, de property rights theorie en operations management (sourcing & design).

Zij stellen vanuit de 'property rights' dat complexiteit in het productontwerp en verticale integratie van de productie complementair zijn, dus dat 'in-house' productie attractiever is wanneer de productcomplexiteit hoog is en simpele systemen worden uitbesteed aan suppliers. Dit wordt bevestigd door de statistische test.

Tevens concluderen zij dat de 'sourcing decision' complexer is dan de keuze tussen het maken of het kopen van een onderdeel. Novak en Eppinger komen tot deze conclusie door hun waarneming van verschillende contractuele relaties in hun onderzoek.



Figuur 11: Novak en Eppinger (2001)

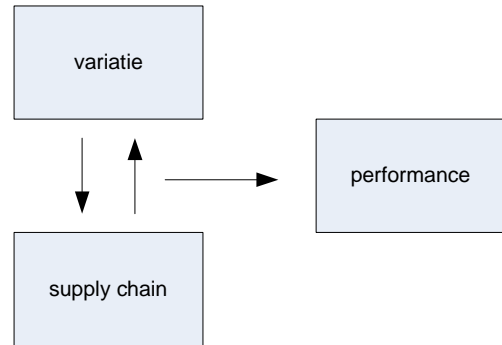


Figuur 12: Sosa et al. (2004)

Sosa et al. (2004) hebben onderzocht in welke mate de systeemgrenzen (system boundaries) en organisatie grenzen (organisational boundaries) invloed hebben op het wel of niet matchen van de productarchitectuur met de interacties van ontwerpteam (Figuur 12). Dit doen zij door het opstellen van verschillende matrices (design interface matrix en team interaction matrix) die zij over elkaar heen leggen en daardoor matches en mismatches tussen design interfaces en team interacties kunnen onderscheiden. Vervolgens onderzoeken zij of statistisch is aan te tonen of systeemgrenzen dan wel organisatiegrenzen invloed hebben op deze matches, waaruit zij concluderen dat het waarschijnlijker is dat mismatches over grenzen heen (system and organizational) voorkomen en dat de sterkte van een interface hierin geen verschil maakt.



Randall en Ulrich (2001) hebben in de fietsindustrie van de Verenigde Staten onderzoek gedaan naar de relatie tussen de aangeboden variatie en de daarbij behorende supply chain (Figuur 13: Randall en Ulrich (2001)). Hun analyse gaat uit van twee soorten kosten die samenhangen met het aanbieden van variatie: productiekosten en “market mediation” kosten. Productiekosten zijn onder andere materialen, arbeid en procestechnologie investeringen. Market mediation kosten zijn de kosten die samenhangen met de onzekerheid van de markt, bijvoorbeeld voorraadkosten, kosten van niet te verkopen producten en kosten van gemiste verkoop doordat het product niet geleverd kon worden. Deze kosten linken zij aan variatie: ‘production dominant variety’ en ‘market mediation dominant variety’. Vervolgens stellen zij dat bedrijven die schaafefficiëntie genieten variatie kunnen aanbieden met hoge productiekosten en bedrijven die de lokale markt bedienen, bieden variatie aan met hoge ‘market mediation’ kosten. Dit wordt onderschreven door empirische resultaten van hun onderzoek. Tevens vergelijken ze deze match met de geleverde performance, en het blijkt dat bedrijven die de supply chain structure matchen met het type variatie beter presteren dan bedrijven die een mismatch hebben.



Figuur 13: Randall en Ulrich (2001)

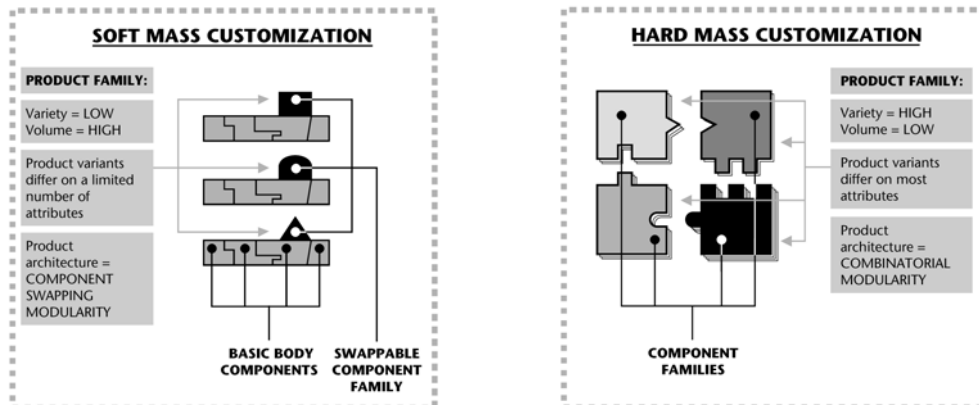
Salvador et al. (2002b) hebben een relatie gelegd tussen het aanbieden van variatie en de bijbehorende prestatie in ‘mass-custimization’. Daarbij hebben zij slot-modulariteit opgedeeld in twee soorten: ‘component swapping modularity’ en ‘combinatorial modularity’. Deze soorten modulaire productarchitectuur linken Salvador et al. met twee verschillende sourcing-configuraties en strategieën ‘soft’ (grote schaal, weinig variatie) en ‘hard’ (kleine schaal, veel variatie) mass-custimization. De benamingen ‘soft’ en ‘hard’ zijn door Salvador et al. gekozen en deze heb ik overgenomen.

Strategie	Variatie		Volume	Productarchitectuur
Soft	laag	Varianten van producten verschillen in een klein aantal onderdelen	hoog	swapping modularity
Hard	hoog	Varianten van producten verschillen in de meeste onderdelen	laag	combinatorial modularity

Tabel 2: Kenmerken mass customization strategieën volgens Salvador



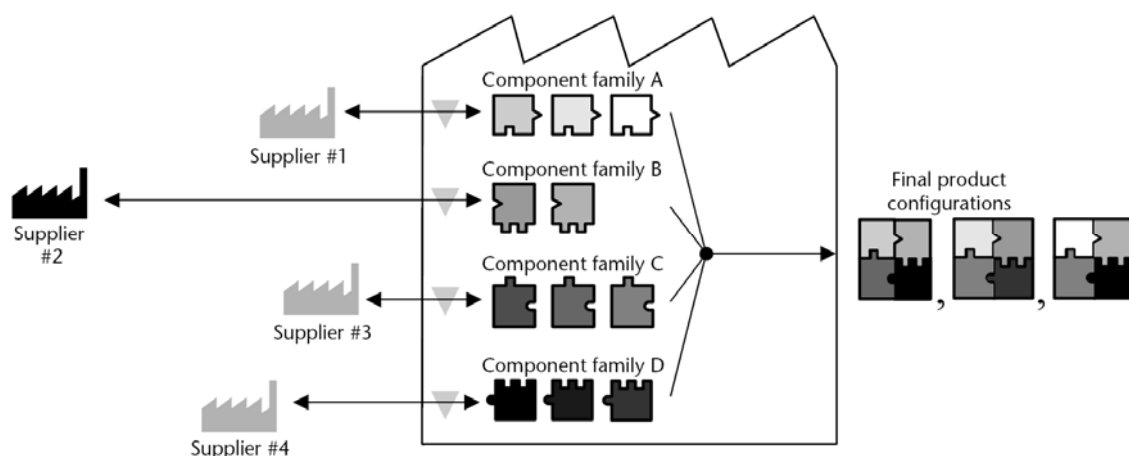
De kenmerken die Salvador aan de 'hard mass-customization' strategie toekent, komen sterk overeen met de bouwspecifieke setting, waarbij ook een hoge variatie van producten wordt gevraagd ten opzichte van het gebouwde volume.



Figuur 14: Mass customization strategieën (overgenomen van Salvador et al., 2002b)

In hun onderzoek hebben zij case studies uitgevoerd bij zes bedrijven die verschillende producten produceren, namelijk een trendy brommer, een vrachtwagen, een telefoon, een multiplexer, een magnetron en een hightech oven.

Drie bedrijven, de producent van vrachtwagens, multiplexers en hightech ovens, moeten een hoge variatie aanbieden in verhouding met het geproduceerde volume. Deze bedrijven passen de hard mass-customization strategie toe, waarbij een 'combinatorial modularity' productarchitectuur wordt toegepast met een klein aantal componentfamilies en componentfamilie suppliers.



Figuur 15: Sourcing configuratie, overgenomen van Salvador et al., 2002b

In Figuur 15 is de sourcingconfiguratie voor de hard mass-customization strategie schematisch weergegeven. De componenten van de componentfamilies worden bij vaste suppliers geproduceerd. Deze worden vervolgens geassembleerd op de productielocatie van de hoofdproducent die de eindproducten levert aan de klant.

Salvador et al. (2002a) stellen evenals anderen dat als product variatie toeneemt, de performance van het producerende bedrijf lager wordt, door hogere directe productiekosten,



productie overheadkosten, levertijden en voorraad niveau's. In de cases waarbij hard mass-customization strategie wordt toegepast, vinden zij dat deze negatieve implicaties op de operationele performance wordt gereduceerd door:

- het verminderen van het totaal aantal componentfamilies,
- door gezamenlijk met suppliers de componentfamilies te modulariseren en
- door het opzetten van bilaterale relaties met de suppliers van de componentfamilies.

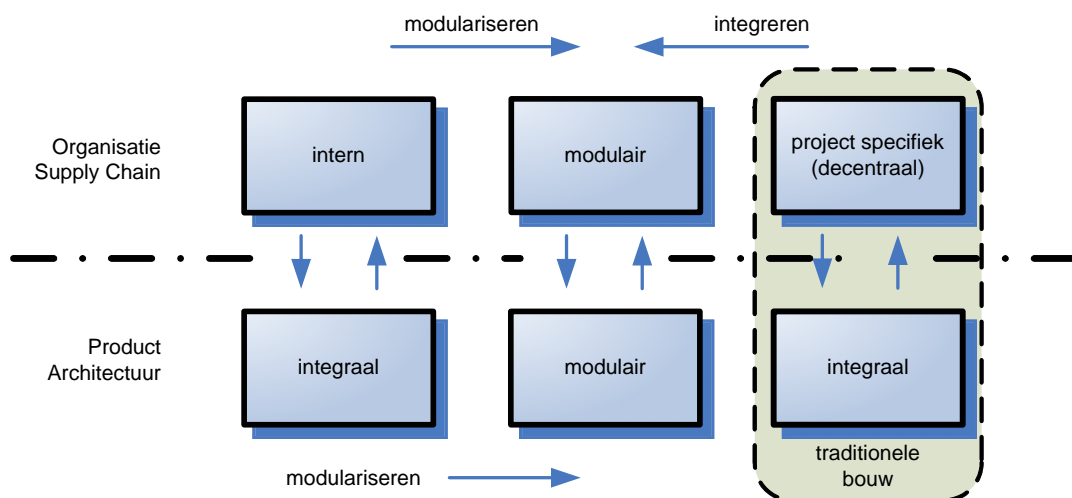
Voordelen van deze strategie zijn een kortere definitieve assemblagetijd bij een klein aantal component families en een kleinere hoeveelheid componenten in voorraad.

§ 2.4. In het perspectief van de specifieke bouwsetting

In de bestudeerde literatuur over het modulariseren van productarchitecturen en een bijbehorende supply chain is in de grote lijn telkens uitgegaan van een 'single firm' situatie die een integraal product voortbrengt. In deze gevallen gaat het modulariseren van een product gepaard met het modulariseren van de supply chain (Fine, 1998).

In het licht van de huidige literatuur over modulariseren en de daarbij behorende supply chain organisatie moet in de bouw van een ander uitgangspunt worden uitgegaan. De bouw heeft traditioneel een zeer modulaire supply chain in een decentraal netwerk: voor ieder project worden verschillende partijen met specialistische kennis of capaciteiten, die organisatorische modules kunnen worden genoemd, samengevoegd tot een project specifieke supply chain. En deze zeer modulaire supply chain produceert een integraal product.

In Figuur 16 is schematisch de situatie in de bestudeerde literatuur weergegeven (interne organisatie – integraal product) en hoe de bouwsector in dit geheel past, met de bekende project specifieke organisatie en het integrale product. Zoals geschetst komt de situatie van de bouw niet overeen met die van de situatie in de bestudeerde literatuur. Daarom zouden de bevindingen van de bestudeerde literatuur niet een op een kunnen worden overgenomen voor de organisatie in de bouwsector.



Figuur 16: product modulariseren, supply chain organisatie integreren

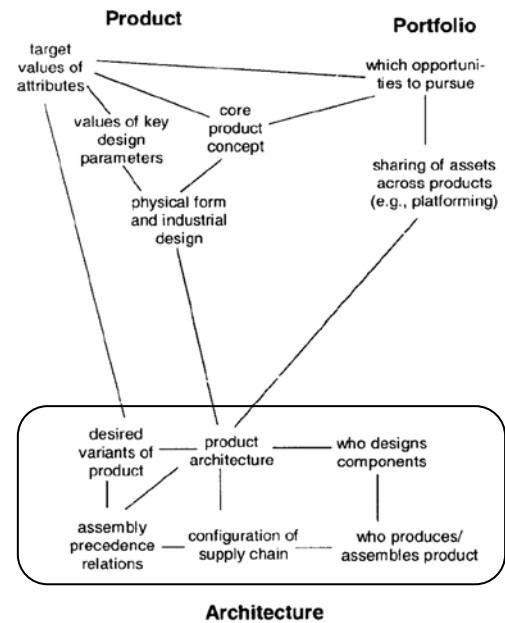


§ 2.5. Structuur case study onderzoek

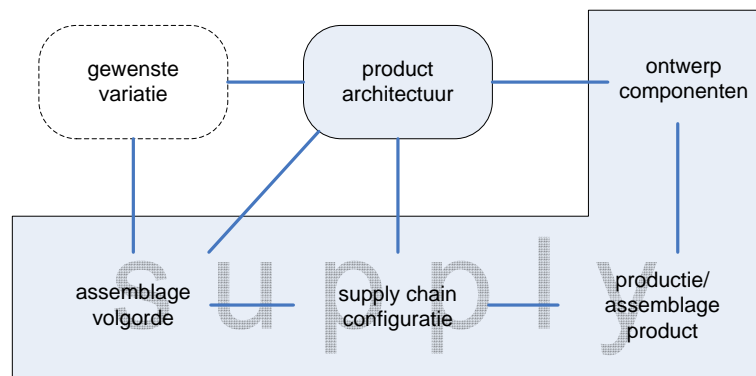
Productarchitectuur en de supply chain zijn afzonderlijk goed beschreven in de literatuur. De relatie tussen beide is daarentegen onderbelicht. Krishnan en Ulrich (2001) komen ook tot deze conclusie in hun 'literature review'. Zij zien goede onderzoeksmogelijkheden in het samenbrengen van markt, product en proces overwegingen.

Om tot een integraal onderzoek te komen stellen Krishnan en Ulrich (2001) voor om onderzoek te verrichten naar clusters die in grote mate afhankelijk van elkaar zijn, namelijk product, portfolio en architectuur. Figuur 17 geeft de clustering schematisch weer die zij voorstellen. Met dit model voorzien Krishnan en Ulrich (2001) in de mogelijkheid om de markt, product en proces keuzes samen te brengen. De cluster 'architectuur' is het onderwerp van dit onderzoek.

In dit afstudeeronderzoek is gekozen om de cluster 'architectuur', zoals Krishnan en Ulrich voorstellen, te gebruiken als leidraad in een in ontwikkeling zijnde modulaire productarchitectuur in de bouw. In de case study zal voornamelijk gekeken worden naar de in ontwikkeling zijnde productarchitectuur, wie de componenten ontwerpt, wie de componenten produceert of assembleert en de configuratie van de supply chain.



Figuur 17: Clusters of decisions overgenomen van Krishnan en Ulrich (2001)



Figuur 18: Productarchitectuur en Supply Chain (Krishnan en Ulrich, 2001)



3 Case Study beschrijving: Mind Building

In dit hoofdstuk wordt de case study beschreven aan de hand van de aanwezige productarchitectuur en de daarbij behorende supply chain. De case study is uitgevoerd binnen het theoretische kader zoals beschreven in hoofdstuk 2 en het onderzoeksplan in bijlage 2. Hoofdzakelijk is er tijdens de case study gefocust op de in ontwikkeling zijnde productarchitectuur (§3.2) en de supply chain (§3.3) die daarbij gevormd wordt.

§ 3.1. Beschrijving van de organisaties in de case study

Het concept Mind Building wordt door twee hoofdpartijen ontwikkeld: Jan Wind Architecten en Bouwmanagement, het architectenbureau van Jan Wind, bedenker van het concept en Vos Bouwdivisie B.V.

Vos Bouwdivisie B.V.

Kernactiviteit van de Vos Bouwdivisie is het integraal oplossen van huisvestingvraagstukken. Zowel op locatie- als gebiedsniveau door middel van nieuwbouw en renovatie van woningen, utiliteitsgebouwen en infrastructuur, ten dienste van een duurzaam leefmilieu. Hiervoor beschikt Vos Bouwdivisie over de disciplines vastgoedontwikkeling, burgerlijke & utiliteitsbouw, woningbouw en infrastructuur & milieu. Vanuit zelfstandige rayonvestigingen (Plegt-Vos) in Assen, Bemmelen, Langeveen, Lelystad en Oldenzaal wordt het totale proces aangeboden, van ontwerp tot en met realisatie.

Vos Bouwdivisie beschrijft zichzelf als “meer dan alleen uitvoerder, als het nu gaat om vastgoedontwikkeling, infrastructuur, burgerlijke & utiliteitsbouw, verbouw, nieuwbouw & onderhoud of woningbouw” en heeft als bedrijfsfilosofie “Sterk door combinatie”. Vos Bouwdivisie stelt zich als doel het idee van de klant op een hoger plan te tillen: “Nieuwbouw- en renovatieprojecten zijn van begin tot eind in vertrouwde en capabele handen”³.

Ook op het terrein van specifieke deskundigheden kiest Vos Bouwdivisie voor een integrale aanpak. “Disciplines lopen gestroomlijnd in elkaar over. En dat biedt belangrijke efficiencyvoordelen, zowel op locatieniveau als bij totale gebiedsherinrichting. Bekendheid en ervaring met de capaciteiten van collega-disciplines zorgen voor snelle koppelingen, een kosteneffectieve werkwijze en een heldere projectorganisatie.”²

Doelen die Vos Bouwdivisie zichzelf stelt om omzet en rendement te verhogen zijn:

- meer investeren in grondposities en hierop rendabele bouwproductie realiseren;
- meer investeren in eigen producten zoals die van Plegt-Vos Wonen;
- meer investeren in conjunctureel minder gevoelige niche markten zoals de markt voor IFDD-concepten, onderhoudscontracten en dergelijke;
- zich meer te profileren als totaaloplosser, al dan niet in combinatie met PPS-constructies.

Doelsectoren: IFDD-concepten, conceptmatige woningbouw, onderhouds- en servicecontracten.

³ Jaarverslag Vos Groep, 2005



Vos Bouwdivisie wil zich meer gaan onderscheiden in de markt door concepten op het gebied van huisvesting aan te bieden naast de reguliere bouwactiviteiten.

Bij reguliere bouwactiviteiten stelt Vos Bouwdivisie zich op als dienstverlener, die in een vroeg stadium het huisvestingsvraagstuk van opdrachtgevers analyseert en oplost.

Kernwoorden van de activiteiten zijn: goede prijs-kwaliteit-verhouding, tijdige oplevering, korte bouw tijden, korte plezierige en efficiënte communicatielijnen en weinig onderhoud.

Bevordering van innovatie wordt geïnitieerd in de business unit New Business.

Overige karakteristieken:

- Vos Bouwdivisie had in 2006 circa 650 medewerkers werkzaam en genereerde een omzet van circa €200 miljoen.
- Vos Bouwdivisie is 100% dochter van de Vos Groep.
(Zie voor het concernschema bijlage 3.)
- Producten: Reguliere burgerlijke & utiliteitsbouw.

 Wonen Concept: "Welkom Thuis" (zie rapport Veenstra, 2005).

 Infra en milieu.

 Beheer en Onderhoud.

Jan Wind Architecten en Bouwmanagement

De initiator van het Mind Building concept is Jan Wind, eigenaar van Jan Wind Architecten en Bouwmanagement te Musselkanaal. Het architectenbureau is een bureau met 8 medewerkers, met als werkgebied vooral de noordelijke provincies.

Korte karakteristieken:

- Opdrachtgevers zijn: overheid, semi-overheid, projectontwikkelaars, institutionele beleggers en particulieren.
- Projecten: van woningen voor particulieren tot stedenbouw en interieurontwerp.



§ 3.2. Productarchitectuur Mind Building

Als uitgangspunt van het onderzoek wordt de bestaande ontwikkelde productarchitectuur genomen. In de case study is dit de productarchitectuur van het Mind Building concept. Productarchitectuur heeft drie belangrijke kenmerken (Ulrich, 1995): (1) weergave van functionele elementen, (2) de koppeling van de functionele elementen aan fysieke componenten en (3) de specificatie van de interfaces tussen de specifieke componenten.

3.2.1 Mind Building algemeen

Mind Building kan worden beschouwd als een platform die verschillende productfamilies voortbrengt door het samenstellen van fabrieksmatig geproduceerde componenten. Het platform heeft tot doel om verschillende soorten huisvesting te kunnen realiseren, ongeacht vorm en functie. Woningen (grondgebonden, geschakeld, appartementen), zorgwoningen en -appartementen, maar ook aan utiliteitsbouw zoals kantoren en scholen kunnen met het platform worden gebouwd.



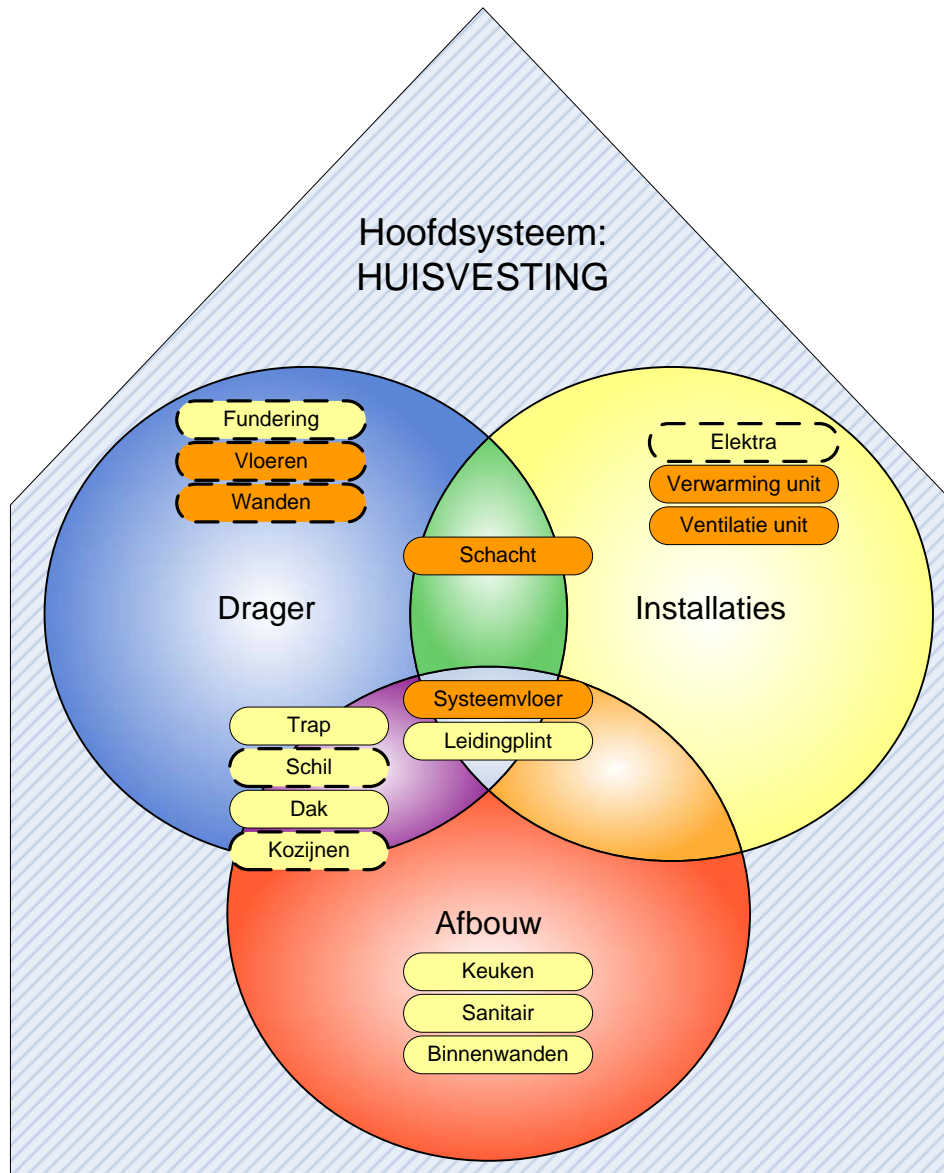
**Figuur 19: De verschillende productfamilies:
grondgebonden woningen, geschakelde woningen, appartementen**

Hoofduitgangspunten voor de ontwikkeling van het Mind Building systeem zijn:

- een fabrieksmatige productie;
- aanbieden van variatie;
- in- en uitbreidbaar;
- uitwisselbare componenten en
- flexibiliteit (ook voor de installaties).

3.2.2 Typering architectuur

Om de productarchitectuur te kunnen analyseren is een productdecompositie opgesteld. Dit is schematisch weergegeven in Figuur 20. Het hoofdsysteem van Mind Building is de huisvesting, bijvoorbeeld een woning of kantoor. Het hoofdsysteem huisvesting kan onderverdeeld worden in drie deelsystemen met hun eigen functie: de drager, de installaties en de afbouw. De deelsystemen zijn opgebouwd uit componenten. Een component wordt in dit onderzoek getypeerd als een 'one-piece' element (bijvoorbeeld een voorvork van een fiets) of een complete 'sub-assembly', gemaakt van meerdere onderdelen (Salvador et al., 2002a).



Figuur 20: Hoofdsysteem, deelsystemen en componenten

De indeling en clustering in bovenstaande decompositie zijn gebaseerd op de functie van de componenten en de interfaces die zij met elkaar delen. In Figuur 20 komt duidelijk naar voren welke overlappen bestaan tussen de drie deelsystemen en hoe deze zijn gestandaardiseerd en daarmee ontkoppeld. De componenten die zich in Figuur 20 in de overlap tussen de deelsystemen bevinden, zoals bijvoorbeeld de schacht of de systemevloer, zijn componenten die de koppelingen of juist de ontkoppelingen van de deelsystemen verzorgen.

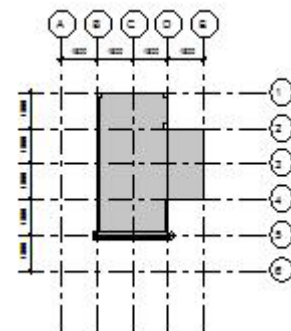


De productarchitectuur van het Mind Building systeem is modulair van aard. Het systeem heeft gestandaardiseerde koppelingen waardoor onderdelen van het systeem van elkaar ontkoppeld zijn. In de decompositie is onderscheid gemaakt tussen platform⁴ componenten (donker) en projectspecifieke componenten. De platform componenten zijn door Mind Building ontwikkeld en in grote mate gestandaardiseerd en worden projectoverstijgend gebruikt. De projectspecifieke componenten zijn producten die per project uit de markt kunnen worden ingekocht bijvoorbeeld op basis van functionele beschrijvingen.

- De componenten van de drager zijn onderdeel van het platform. Dit zijn de fundering, de vloeren en buitenwanden. Deze componenten hebben een eigen ontwikkelde gestandaardiseerde stalen koppeling en zijn uitwisselbaar tussen de verschillende huisvestingfuncties (wonen, werken, zorgen).
- Componenten van de installatie, de verwarmingsunit en de ventilatie-unit, behoren tevens tot het platform.
- De componenten die de koppelingen vormen tussen de drie deelsystemen zijn tevens onderdeel van het platform: de systeemvloer (geïntegreerde verwarming en ventilatie en optionele koeling) en de leidingplint (elektra).
- Projectspectifieke componenten worden per project aan het systeem toegevoegd om het systeem compleet en geschikt voor de functie te maken. Dit zijn Projectspectifieke componenten kunnen een systeemspecifieke interface hebben om gekoppeld te kunnen worden aan het systeem cq. platform (zoals bijvoorbeeld de fundering). De gestandaardiseerde interface van componenten is in Figuur 20 aangegeven met een onderbroken rand.

3.2.3 Design rules

In het systeem kunnen we de design rules onderverdelen in drie niveau's, wat tevens past in de opdeling van Baldwin en Clark (2000). Design rules voor het totale systeem: een ontwerpstramien die de afmetingen van de modules en de positie van de koppelingen bepaalt. Ten tweede de design rules die de interfaces tussen de platform modules bepalen: standaard aansluitdetails (bijvoorbeeld de aansluiting van een wand en het kozijn of de aansluiting van de wand module met een vloer module) en gestandaardiseerde stalen koppelingen. Ten derde de design rules op module niveau: functie, type koppeling, positie in het stramien en afmetingen (maximum, minimum, standaardisaties).



In Tabel 3 is een overzicht gegeven van de design rules van het Mind Building concept. De design rules in Mind Building bestaan uit: 1) specificatie van de modules, 2) hun interfaces en 3) mogelijke ontwerprijheid van de modules.

⁴ De ontwikkelende partijen onderscheiden systeemspecifieke en project specifieke onderdelen. De betekenis van systeemspecifiek komt overeen met die van platform elementen. In dit verslag wordt de term platform gehanteerd, zoals ook beschreven in het theoretisch kader.



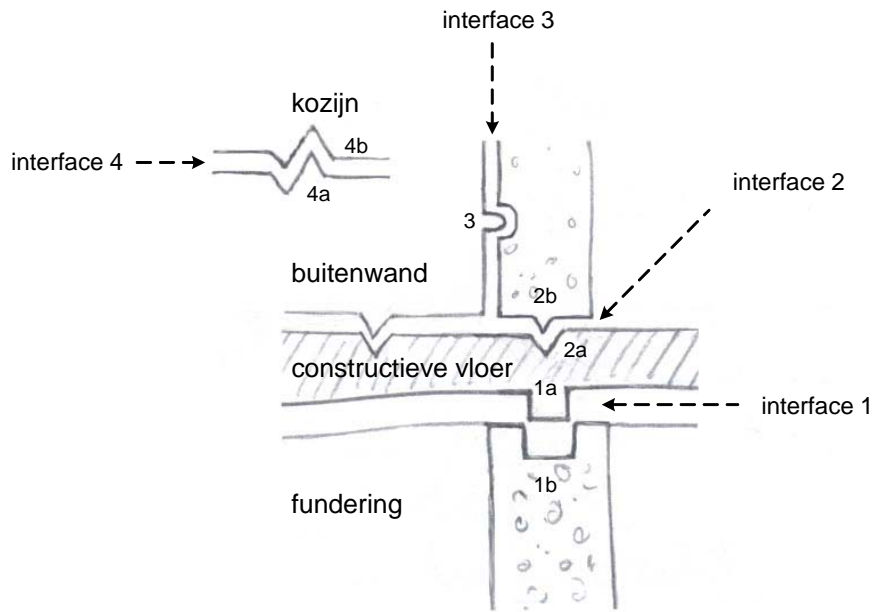
Module	Type interfaces	Gestandaardiseerd	Variabel
Constructieve vloer (beton)	spatial en structural	type stalen koppeling (1a) positie stalen koppeling afmeting: z (hoogte van de vloer) afmeting: max. x (breedte) afmeting: max. y (overspanning) gebied voor sparingen (trap/schacht)	afmetingen (x en y) in stramien positie sparingen (binnen toegestaan gebied)
Systeemvloer	energy material	modules 900x900mm	Opdeelbaar in maten van 300x300mm
Buitenwand	spatial en structural	type stalen koppeling (2b en 3) positie stalen koppeling koppeling met kozijnen afmetingen: x en z aansluitdetails (met vloer en kozijnen) gebied voor sparingen/kozijnen	buitenschil vorm en materialisering afmeting y (passend in stramien) positie en afmetingen gevelopeningen type kozijnen
Kolom	spatial en structural	type stalen koppeling (2b en 3) positie stalen koppeling afmetingen: x, y en z	
Fundering	spatial en structural	type stalen koppeling positie stalen koppeling	type: bijvoorbeeld poeren of palen
Kozijnen	spatial en structural	aansluit detail afmetingen x en y: stramien (standaard koppen- en lagermaat)	type, materialisering

Tabel 3: Overzicht van design rules in het Mind Building concept

Zoals uit de tabel geconcludeerd kan worden, worden in Mind Building twee types interfaces hoofdzakelijk toegepast, namelijk spatial en structural. Dit komt doordat de drager en de installaties van elkaar zijn ontkoppeld door middel van de systeemvloer, elektraplint en de schacht. Deze drie componenten voorzien in de noodzakelijke interfaces die gekarakteriseerd kunnen worden als 'energy' en 'material'.

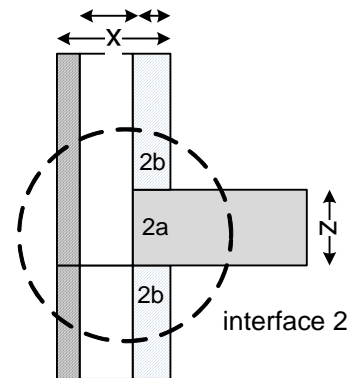
De modules die de koppeling tussen de drie deelsystemen bewerkstelligen, de systeemvloer en de schacht, zijn ontwikkeld om de installaties te kunnen ontkoppelen van de drager. De systeemvloer is modulair opgezet (afmetingen van 900*900mm) waardoor leidingen eenvoudig horizontaal aan te leggen zijn en de installaties (verwarming en ventilatie) zonder veel ontwerp- en coördinatie-inspanningen kunnen worden ingebouwd, zonder aanpassingen aan de drager. De schacht bewerkstelligt de verticale ontkoppeling van leidingen en drager.

Interfaces tussen de componenten van de drager zijn gestandaardiseerd. Voor de koppeling zijn drie types stalen koppelingen ontwikkeld die in de componenten van de drager moeten worden opgenomen. Deze stalen koppelingen zorgen voor een exacte maatvoering en positionering van de modules ten opzichte van elkaar en het stramien. Deze standaardisatie maakt het mogelijk om binnen de componenten variaties aan te bieden zonder dat dit consequenties heeft voor de overige componenten. In de figuren 21, 22 en 23 en tabel 3 is deze standaardisatie weergegeven.



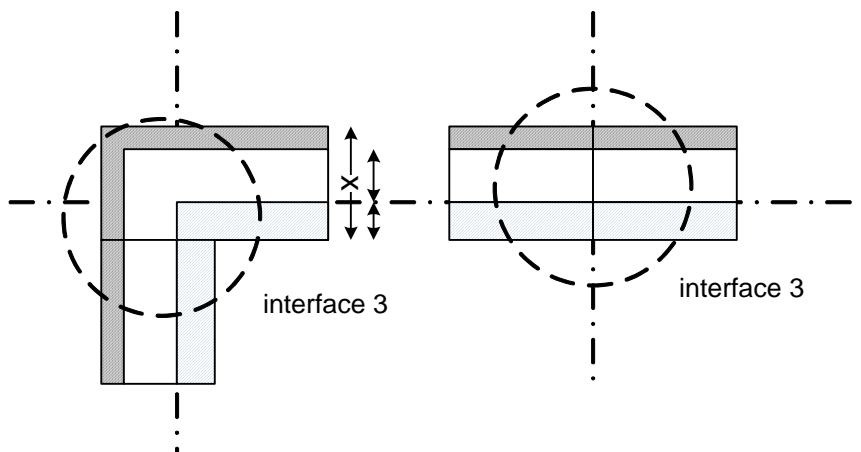
Figuur 21: Constructieve koppelingen schematisch

	fundering	constructieve vloer	buitenwand	kolom	kozijn
fundering		1b			
constructieve vloer	1a		2a	2a	
buitenwand		2b	3	3	4a
kolom		2b	3		
kozijn			4b		



Figuur 23: Verticale doorsnede interface 2

Tabel 4: Constructieve koppelingen codering geeft aan welk type stalen koppeling wordt gebruikt.



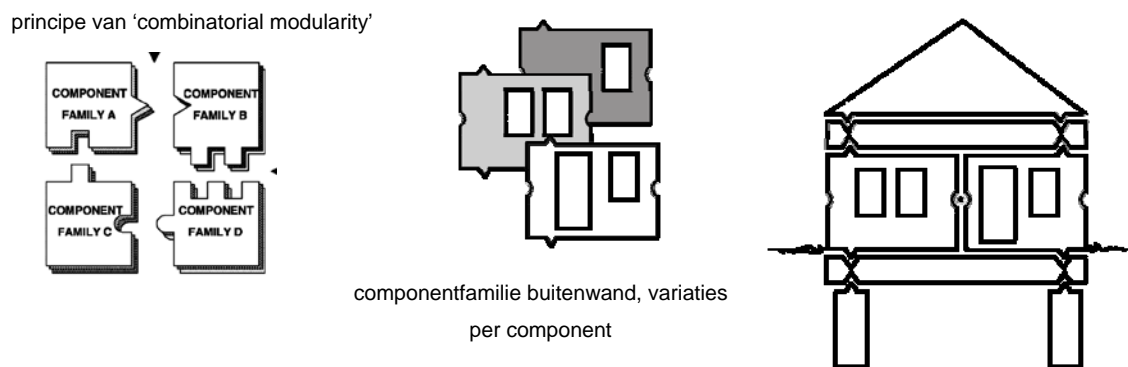
Figuur 22: Horizontale doorsneden interface 3



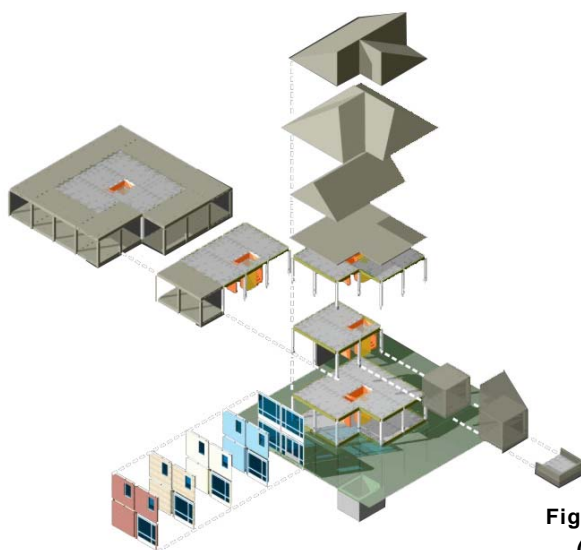
In Figuur 21 zijn de interfaces tussen de componenten van de drager schematisch weergegeven. Elke interface heeft een eigen type koppeling voorzien van: stalen koppellement en een gestandaardiseerd aansluitdetail. In Tabel 4 is dit uiteengezet in een matrix. Op de horizontale as zijn de componenten weergegeven waarmee gekoppeld wordt. Op de verticale as staan de componenten waarin het koppellement zich bevindt dat in de matrix staat gecodeerd. Dus in de constructieve vloer zit koppellement 1a, dat de koppeling verzorgt met de fundering. Tevens zit in de constructieve vloer koppeling met code 2a dat de koppeling verzorgt met de buitenwand of met een kolom⁵.

3.2.4 Combinatorial modularity & component families in Mind Building

Volgens de criteria en kenmerken die opgesteld zijn door Salvador et al. (2002a) (zie hoofdstuk 2) kan de productarchitectuur van het Mind Building concept worden getypeerd als een vorm van 'combinatorial modularity'. Mind Building huisvesting wordt ontworpen op basis van het combineren van componenten die binnen design rules kunnen worden aangepast en zo variaties voortbrengen. De componenten zijn modulair opgebouwd, waardoor de producenten gemakkelijk variaties binnen de component families kunnen produceren. Het aantal componentfamilies voor assemblage op de bouwplaats is zo klein mogelijk te houden.



Figuur 24: Mind Building schematisch voorgesteld als combinatorial modularity



Figuur 25: Mind Building met variërende componenten
(bron: presentatie Mind Building, Jan Wind 2006)

⁵ Het koppelingselement in de vloer heeft twee coderingen, in de praktijk is deze koppeling uitgewerkt als één stalen koppelingselement in de vloer.



Een voorbeeld van een componentfamilie in Mind Building zijn de wandmodules. Dit zijn wanden die bestaan uit een buitenschil, isolatie en een binnenschil. Deze wanden kunnen worden voorzien van verschillende afwerkschillen (steen, hout, metaal, etc.). Aanpassingen in de gevelopeningen (deuren, ramen), schil en lengteafmetingen zijn de mogelijke variaties binnen de wand module, waardoor het gehele systeem een ander aanzicht krijgt. Zie hiervoor ook Figuur 25, waarin dit is weergegeven. De wandmodules zijn modulair opgezet voor productie, maar worden als één 'chunk' aangeleverd op de bouwplaats.

§ 3.3. Sourcing

Gedurende de ontwikkeling van het concept zijn steeds meer partijen betrokken geraakt. De partijen, die een belangrijke bijdrage aan de ontwikkeling van het systeem leveren, zijn grotendeels op basis van vertrouwen in het concept ingestapt. Op basis van succes ligt er een opdracht van 300 woningen met het Mind Building platform, waarvan de eerste 32 als pilot dienen. Deze ontwikkelende partners doen mee voor latere productie en investeren allen in het eigen deel van de ontwikkeling, wat voornamelijk uit arbeidsuren bestaat.



Figuur 26: Mind Building netwerk



In Figuur 26 is het Mind Building netwerk schematisch weergegeven, waarin de belangrijkste betrokken partijen zijn weergegeven. De partijen gemarkeerd met een sterretje zijn de partijen die deelnemen aan het ontwikkelteam. In bijlage 4 is in chronologische volgorde de totstandkoming van het ontwikkelteam weergegeven. De relaties, die verderop in deze paragrafen worden beschreven, vormen gezamenlijk een centraal netwerk rondom het Mind Building Ontwikkelbureau.

Inherent aan het concept is de scheiding tussen de platformonderdelen en projectspecifieke onderdelen. Ook in de sourcing speelt dit een belangrijke rol. Een speciaal opgerichte BV, een jointventure tussen Jan Wind Architecten en Vos Bouwdivisie met als werktitel Mind Building Ontwikkelbureau, gaat de contracten beheren met betrekking tot het platform. Centraal wordt hier het systeem en de supply chain geborgd.

In bijlage 5 zijn twee opties voor de contractuele relaties weergegeven, waar nog een keuze uit moet worden gemaakt. Optie 1 gaat uit van de aannemer, die in dit geval een bouwbedrijf van Vos Bouwdivisie, als contractpartner functioneert voor de opdrachtgever. In deze optie is het Mind Building Ontwikkelbureau (MBO) puur en alleen voor het onderhouden van de platformcontracten en de bewaking en borging van de design rules. De aannemer is door middel van het contract met het ontwikkelbureau gebonden aan de platform gebonden leveranciers/producenten (fictief weergegeven als S1 t/m S4 in het figuur). De niet platform gebonden onderdelen kunnen uit de markt worden ingekocht en worden niet door het ontwikkelbureau voorgeschreven.

Optie twee in bijlage 5 gaat uit van het Mind Building Ontwikkelbureau als 'general contractor'. Het ontwikkelbureau gaat dan naast de contracten op platform niveau ook als contractpartij voor de opdrachtgever van projecten functioneren.

3.3.1 Sourcing van ontwerp

Het ontwerp in het Mind Building systeem is opgedeeld in het platform/systeem ontwerp en projectspecifiek ontwerp. Het platformontwerp heeft betrekking op de design rules van de Mind Building componenten. Het projectontwerp heeft betrekking op projectspecifieke vormgeving van een concreet te bouwen huisvestingsproject.

Ontwerp van design rules / ontwikkeling

De design rules van het platform zijn opgesteld door een multidisciplinair team onder leiding van initiator Jan Wind en zullen worden geborgd in het ontwikkelbureau. Het multidisciplinair team bestaat uit verschillende bedrijven die elk een eigen rol in het traditionele bouwproces hebben, en dus specifieke kennis vertegenwoordigen. Dit zijn een drietal adviseurs op gebied van geluid, E&W en constructies, een installateur en verwarmingsproducent, een producent van technische kunststoffen en Jan Wind (architect) en Vos Bouwdivisie. Deze partijen zijn in Figuur 26 met een sterretje gemarkeerd. Deze partijen hebben op eigen risico (geld, materiaal, productiemiddelen, manuren) bijgedragen aan de ontwikkeling van Mind Building.

De (door)ontwikkeling van de design rules vindt plaats door het multidisciplinaire team. Tevens is gebruik gemaakt van de kennis van producenten, bijvoorbeeld voor de wanden en de vloeren. De design rules voor de wanden zijn mede op basis van de standaard wanden van de wandenproducent opgesteld, zodat de Mind Building wanden gemakkelijker in het productieproces van de producent kunnen worden opgenomen.



In Tabel 5 op de volgende pagina zijn voor de platform modules de betrokken partijen weergegeven en de reden van betrokkenheid van deze partijen.

Module	Betrokken partij opstellen design rules	Reden
Constructieve vloer	Jan Wind (engineering)	ontwikkeling concept
	Constructeur	constructieve kennis vloer en koppeling
	Adviseur geluid	kennis geluideigenschappen
	Later: Producent constructieve vloer	kennis productie
Systeemvloer	Jan Wind (engineering)	ontwikkeling concept
	Installateur	kennis installaties
	Producent verwarmingunit	kennis luchtverwarming
	Adviseur bouwfysisch	kennis ventilatie/EPC/verwarming
	Adviseur geluid	kennis geluideigenschappen
	Producent technische kunststoffen	kennis van kunststof (productie en materiaal)
Buitenwanden	Jan Wind (engineering)	ontwikkeling concept
	Constructeur	constructieve kennis koppeling
	Adviseur geluid	kennis geluideigenschappen
	Producent buitenwanden	kennis productie en product
Kolommen	Jan Wind (engineering)	ontwikkeling concept
	Constructeur	constructieve kennis
Fundering	Jan Wind (engineering)	ontwikkeling concept (interfaces)
	Constructeur	constructieve kennis
Kozijnen	Jan Wind (engineering)	interface

Tabel 5: Beschrijving betrokken partijen systeemontwerp/design rules

Twee voorbeelden van modules in de ontwikkeling en betrokkenheid van partijen zijn de constructieve vloer en de systeemvloer.

Constructieve vloer

De constructieve vloer is in eerste instantie door partijen van het team ontwikkeld en ge-engineerd. In het ontwikkeltraject is voornamelijk naar ontwerp eigenschappen en materiaalbesparing gekeken. Vervolgens is gezocht naar een prefab betonproducent om de vloer in productie te nemen. Tijdens de zoektocht naar een producent is gebleken dat de ontwikkelde vloer met huidige productiemiddelen te arbeidsintensief en daardoor te duur bleek. In overleg met een prefab betonproducent is de vloer aangepast, zodat deze met de bestaande productiemiddelen tegen een redelijke prijs geproduceerd kan worden. Deze aanpassing is binnen de bestaande design rules van de vloer gerealiseerd en past daardoor, zonder aanpassingen aan andere componenten die fysiek gekoppeld zijn, in het platform.

De zoektocht naar een geschikte leverancier van de vloer is hiermee niet gestopt. Een aantal prefab betonleveranciers zijn bereid gevonden om met ideeën voor gewichtsbesparing en prijsverlaging te komen, dit zijn zowel Nederlandse als Duitse partijen.



Systeenvloer

De systeenvloer is ontstaan uit de wens om drager en inbouw te kunnen scheiden. Om dit systeem zo licht mogelijk uit te voeren is een producent van technische kunststoffen betrokken bij de ontwikkeling om te inventariseren welke mogelijkheden kunststoffen kunnen bieden voor de systeenvloer, qua materiaal en productie.

De basis van het ontwerp is gelegd door het multifunctionele team, dat verder is doorontwikkeld gezamenlijk met de producent van de technische kunststoffen. Ook deze producent van de technische kunststoffen doet mee op dezelfde basis als de andere partijen. Tevens is door Vos Bouwdivisie een prijs per vierkante meter als doel gesteld, waarbinnen de systeenvloer moet worden aangeboden.

Bezit rechten ontwerp

Mind Building is een ontwikkeling die gestart is door Jan Wind. Patenten voor de specifieke Mind Building onderdelen zijn dan ook door hem aangevraagd.

Het spreekt voor zich dat de rechten voor het ontwerp van de projectspecifieke onderdelen in bezit zijn van de producenten. Deze hebben deze onderdelen ontwikkeld.

In Tabel 6 wordt per module uiteengezet wie de rechten van het ontwerp bezit.

Modules	Bezit rechten ontwerp
Constructieve vloer	Mind Building (patent JW)
Buitenwanden	Producent (MB pref. supplier) koppeling patent Mind Building (JW)
Kolom	Producent (externe marktpartij) koppeling patent Mind Building (JW)
Systeenvloer	Mind Building (patent JW)
Stalen koppeling	Mind Building (patent JW)
Leidingplint (elektra)	Producent (extern)
Verwarming/ventilatie installaties	Producent (MB partner)
Fundering	Producent (externe marktpartij)
Kozijnen	Producent (marktpartij)

Tabel 6: Rechten ontwerp en bezit productiemiddelen

Projectontwerp

Het creatieve ontwerp voor een project wordt gemaakt door de opdrachtgever gekozen architect (zie ook bijlage 5 met relaties in projecten). Dit kan Jan Wind Architecten zijn, maar is niet noodzakelijk. Het doel van het systeem is dat een opdrachtgever met een voorlopig ontwerp een Mind Building kan 'bestellen'. Het voorlopig ontwerp dient wel te voldoen aan nader op te stellen regels, zodat het ontwerp met de modules kan worden opgebouwd. Op hoofdlijnen zal dit betekenen dat minimaal het stramien (300x300) aangehouden moet worden. De engineering van het voorlopig ontwerp, het omzetten naar Mind Building modules, wordt gedaan door het engineering bureau en daar waar nodig in samenspraak met de adviseurs. Het definitief ontwerp (DO) dat hieruit voortkomt vormt tevens de basis voor de productie.



3.3.2 Sourcing van de productie

De productie van de Mind Building componenten is onder te verdelen naar platformonderdelen en producten uit de markt. De platformonderdelen worden ingekocht door de aannemer bij de door het ontwikkelbureau gecontracteerde partijen en volgens specificaties zoals aangegeven door het engineeringbureau.

Relatie met producenten/leveranciers

In het Mind Building concept spelen drie soorten relaties met leveranciers een rol. Partners, preferred suppliers en traditionele inkoop. Er is getracht om de juiste type relatie bij de modules te vinden. Er is onderscheid gemaakt tussen partijen die hebben meeontwikkeld aan het platform, partijen die platform onderdelen leveren en daarvoor project specifieke investeringen (hebben) moeten maken en partijen die standaard producten produceren.

In Tabel 7 zijn de relaties en relatiespecifieke investeringen weergegeven voor de modules.

Modules	Relatie met producerende partij	Relatie specifieke investering
Constructieve vloer	preferred supplier	mal voor storten beton positionering koppellementen
Buitenwanden	preferred supplier	mal voor storten beton positionering koppellementen
Systeemvloer	partner	mal voor kunststof onderdelen
Stalenkoppeling	preferred supplier	mallen voor exacte, maatvast massaproductie van de elementen
Leidingplint (elektra)	inkoop via installateur	geen
Verwarming/ventilatie installaties	partner	productie luchtboxen
Kozijnen	geen	geen
Fundering	geen	geen
Kolom	preferred supplier	positionering koppellementen

Tabel 7: Relaties met producenten

De productie van de platformonderdelen is ondergebracht bij producenten waarmee een langere termijn (project overstijgende) relatie wordt aangegaan. Dit is noodzakelijk omdat de hoofdpartijen van de ontwikkeling niet de mogelijkheid hebben om deze onderdelen zelf te vervaardigen en dus afhankelijk zijn van de productiekennis en capaciteit van een externe partij. Een langere termijn relatie is gewenst om de producenten te kunnen stimuleren tot het doen van de noodzakelijke product/relatie specifieke investeringen. Door de garantie van een langere relatie hebben producenten de mogelijkheid product specifieke investeringen terug te verdienen, zonder dat dit grote invloed heeft op de prijs van het totaalproduct. Productspecifieke investeringen voor Mind Building zijn bijvoorbeeld de mallen voor de vloer- en wandmodules en voor de systeemvloer.

Keuze voor invulling van de partijen is afhankelijk van de mogelijkheden van de producent en de bijbehorende prijs. In het geval van de systeemvloer zijn relatiespecifieke investeringen nadrukkelijk aanwezig. De systeemvloer is een nieuw ontwikkeld product. Dit vergt grote investeringen in nieuwe productiemallen voor het kunststofgedeelte van de vloer. Deze investering is niet zonder gevolgen voor de relatie tussen het Mind Building Ontwikkelbureau en



de producent van technische kunststoffen. Als de producent van de technische kunststoffen de investering maakt, zal een langdurige overeenkomst moeten worden gesloten om de investering verantwoord terug te kunnen verdienen. Deze investering bindt de twee partijen voor een lange tijd.

De relatiespecifieke investeringen maken een supplier afhankelijk van het systeem. Eenmaal gedane investeringen kunnen alleen op de productie van de Mind Building onderdelen worden afgeschreven. Als er garanties zijn met betrekking tot meerdere opdrachten/projecten is dit vaak geen probleem en willen de leveranciers de malkosten voor hun rekening nemen. Moeten deze kosten worden afgeschreven op één project, zoals in de traditionele bouw, dan wordt de kostprijs onevenredig hoog. Om leveranciers ertoe te zetten om toch de benodigde investeringen te doen is het van belang om een langere termijn relatie aan te gaan.

Bezit productiemiddelen

In Tabel 8 is weergegeven welke partij de productiemiddelen bezit. De productiemiddelen zijn of in het bezit van de producent of in het bezit van Mind Building. De keuze wie de productiemiddelen bezit is complexer dan alleen wel of niet investeren. Bezit van kennis van productie en ontwikkeling van productiemiddelen speelt tevens een rol. Wanneer je deze kennis niet zelf in huis hebt, ben je genoodzaakt om op zoek te gaan naar partijen die deze kennis wel hebben.

Er is een concept ontwikkeld hoe de mallen voor vloeren en wanden eruit zouden moeten zien om de gewenste variatie simpel te kunnen produceren. In samenwerking met een mallenbouwer zou het principe kunnen worden uitgewerkt. Deze productiemallen dienen dan alleen nog worden gevuld met beton. Voordeel hiervan is dat er meer controle over het productieproces wordt verkregen en dat eenvoudig op meerdere locaties de componenten kunnen worden geproduceerd. Nadeel is een extra investering die gemaakt moet worden en het vinden van een partij of partijen die op deze basis willen produceren.

Modules	Bezit productiemiddelen
Constructieve vloer	Producent (pref. supplier)
Buitenwanden	Producent (pref. supplier)
Kolom	Producent (pref. supplier)
Systeemvloer	Mind Building of MB partner
Stalen koppeling	Producent (pref. supplier)
Leidingplint (elektra)	Producent (marktpartij)
Verwarming/ventilatie installaties	Producent (MB partner)
Fundering	Producent
Kozijnen	Producent (marktpartij)

Tabel 8: Bezit productiemiddelen



Marktinvoeden op sourcing van productie

Het vinden van de juiste suppliers voor de platform onderdelen is een moeilijke klus gebleken. De platform onderdelen bestaan grotendeels uit beton en de Nederlandse betonproducenten zitten aan het maximum van hun productiecapaciteit en hebben daardoor geen reden om in een nieuw bouwconcept te stappen en de noodzakelijke aanpassingen in hun productieproces te gaan maken. Enkele van de gevraagde producenten hebben duidelijk aangegeven dat zij niet in staat zijn om extra productie aan te kunnen en hebben zelf andere betonleveranciers voorgedragen. Een andere reden is dat de gevraagde maatvariatie van de betonelementen niet in het huidige productieproces van de prefab betonproducenten past. Deze twee redenen zorgen voor een te hoge prijs van het product.

Daarentegen zijn bedrijven die capaciteit over hebben duidelijk meer bereid om investeringen te gaan doen en een langere termijn contract aan te gaan om de capaciteit van hun productiefaciliteit meer te gaan gebruiken.

§ 3.4. Afhankelijkheid van kennis en capaciteit

Om een modulaire productarchitectuur te ontwikkelen is het noodzakelijk dat kennis van het gehele product en proces aanwezig is. In de traditionele bouw is ontwerp en uitvoering vaak strikt gescheiden. Uitvoeringskennis wordt pas tijdens de uitvoering ingebracht om het ontwerp te kunnen realiseren. Tevens is per project de samenstelling van de partijen (ontwerp en uitvoering) verschillend.

In de case is de traditioneel verspreide kennis van ontwerp en uitvoering gebundeld, oftewel geïntegreerd. Tevens wordt deze kennis projectoverstijgend toegepast. De ontwikkelende partijen hebben elk een andere rol in het traditionele bouwproces, hetzij in het ontwerp (architect en adviseurs) of in de uitvoering (aannemer, installateur).

De totale kennis is niet aanwezig bij de twee hoofd ontwikkelende partijen, en daarmee zijn zij afhankelijk van de kennis en Later zijn partijen betrokken die kennis van en capaciteit om te produceren hadden, de traditionele leveranciers. capaciteit van andere partijen en dus genoodzaakt om dit bij externe partijen te betrekken, ofwel te gaan outsourcen.

§ 3.5. Schaalgrootte

Een belangrijke factor voor het economisch produceren van de modulaire productarchitectuur in de case is voldoende schaalgrootte. Wanneer er voldoende schaal aangeboden kan worden aan de leveranciers van de platformonderdelen is er geen obstakel meer voor de benodigde relatiespecifieke investeringen van externe leveranciers, aangezien deze voldoende omzet aangeboden krijgen, om de investeringen te kunnen afschrijven.

Een reden om te outsourcen is om op de schaal van een externe partij mee te liften. Zo kan gezamenlijk een bepaalde schaal worden gecreëerd, zodat van schaalvoordelen sprake is.



4 Conclusies

In dit hoofdstuk zal antwoord worden gegeven op de vragen die in hoofdstuk 1 zijn gesteld, aan de hand van de bevindingen uit de literatuurstudie en de case studie. Hoofdvraag van dit onderzoek luidt: *“Hoe wordt de supply chain ingericht bij een in ontwikkeling zijnde modulaire productarchitectuur in de bouw?”*

Doel van dit onderzoek is om te achterhalen welke relatie bestaat tussen productarchitectuur en de supply chain in een modulair bouwconcept in ontwikkeling, om daarmee extra kennis en inzicht te verschaffen voor de Universiteit Twente en in het bijzonder het Ph. D. onderzoek van Erwin Hofman.

§ 4.1. Productarchitectuur

Het Mind Building concept is een modulair bouwconcept dat sterke overeenkomsten vertoont met de ‘combinatorial modularity’ zoals Salvador et al. (2002a, 2002b) deze beschrijven. Deze vorm van modulariteit biedt de mogelijkheid om een hoge variatie aan te bieden bij relatief kleine productievolumes en past daardoor goed bij de bouwspecifieke setting, waarin ook veel variatie door de klanten wordt gevraagd bij een relatief klein volume. De componenten zijn modulair opgezet en het aantal component families die geassembleerd moeten worden op de bouwplaats is zo klein mogelijk gehouden.

§ 4.2. Supply chain

Geconcludeerd kan worden dat in de case gezocht is naar de juiste relatievorm per component of module tussen Mind Building en supplier te vinden. Er is een keuze gemaakt voor drie types relaties. Traditionele inkoop, preferred supplier en partnership. Ten eerste speelt hierin de scheiding tussen ontwikkelde platformonderdelen en projectspecifieke onderdelen een rol. Projectspectifieke onderdelen die uit de markt kunnen worden gekocht staan los van het platform. Deze onderdelen worden traditioneel ingekocht. De platformonderdelen daarentegen zijn ontwikkeld door Jan Wind in samenwerking met de ontwikkelpartners. Deze partners hebben op eigen risico en met eigen middelen meegeholpen in de ontwikkeling. Om de investering in ontwikkeling terug te kunnen verdienen zijn de ontwikkelende partijen voor langere tijd aan elkaar verbonden. Deze samenwerking wordt geborgd door een jointventure van de twee hoofdprijzen Jan Wind en Vos Bouwdivisie. Producenten die later in het proces zijn aangetrokken, maar wel projectspectifieke investeringen moeten doen om de modules te produceren worden preferred suppliers.

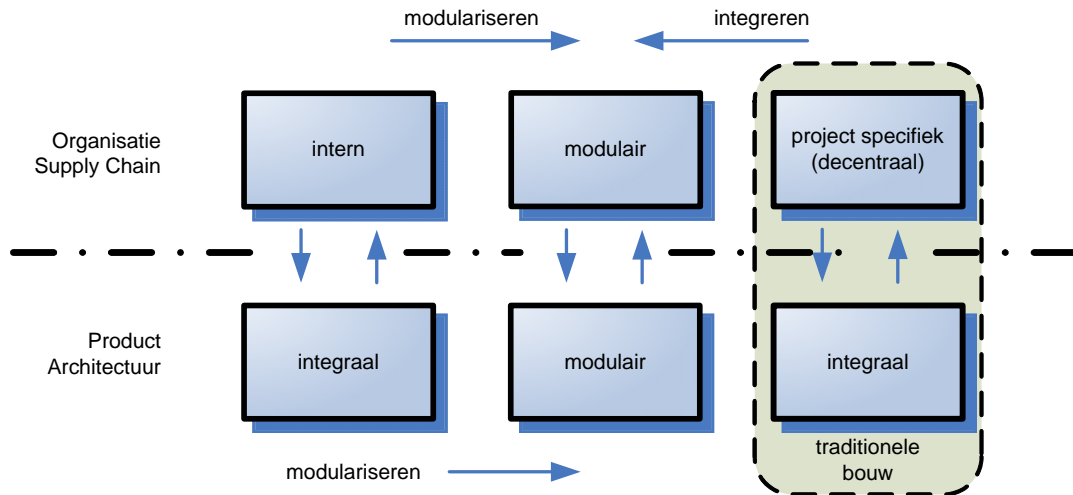
§ 4.3. Relatie productarchitectuur en supply chain

Uit de bevindingen van de case study kan worden geconcludeerd dat bij de ontwikkeling van een modulaire productarchitectuur in de bouw, waar traditioneel geïntegreerde producten op de bouwplaats worden vervaardigd, het noodzakelijk is om kennis en capaciteit van de in een traditioneel decentraal netwerk opererende partijen te bundelen en als het ware te integreren. Zonder deze mate van integratie en samenwerking in de traditioneel versnipperde supply chain in de bouw, kunnen niet de omstandigheden worden gecreëerd om een platform te ontwikkelen dat projectoverstijgend gebruikt kan worden en verschillende product families kan voortbrengen.

Als we kijken naar de literatuur die onderzoek heeft gedaan in andere industrieën dan de bouw blijkt dat het veronderstelde model in § 2.4 door de case wordt onderschreven. Modulariseren



van de productarchitectuur betekent, in een decentraal netwerk zoals de bouw, dat de supply chain juist moet samenwerken, oftewel 'integreren'.





5 Aanbevelingen

In paragraaf 5.1 doe ik praktische aanbevelingen ten behoeve van Vos Bouwdivisie en Jan Wind. In paragraaf 5.2 doe ik een aantal aanbevelingen voor verder onderzoek.

§ 5.1. Aanbevelingen Mind Building

Op basis van dit onderzoek blijkt dat Vos Bouwdivisie en Jan Wind behoorlijk goed op weg zijn om een juiste balans te vinden tussen de mogelijke relatievormen. Mijn inziens is het van belang om een goede relatie met de suppliers op te bouwen, zodat initiatief voor doorontwikkeling niet alleen vanuit het Mind Building Ontwikkelbureau hoeft te komen, maar dat de suppliers zelf doorontwikkelingen gaan voorstellen en uitwerken binnen de opgestelde design rules.

Ten tweede Vos Bouwdivisie en Jan Wind moeten nog besluiten welke rol de Mind Building Ontwikkelbureau gaat spelen in de ontwikkeling van projecten. Meerdere opties zijn mogelijk, en zoals het nu lijkt moet er uit twee opties worden gekozen, die zijn weergegeven in bijlage 5. Mijn aanbeveling hierin zou zijn om voor optie twee te kiezen waarin het Mind Building Ontwikkelbureau, als joint venture van Vos Bouwdivisie en Jan Wind, als general contractor optreedt richting opdrachtgevers. Op deze manier wordt er één aanspreekpunt gecreëerd en de opdrachtgever kan bij wijze van spreken een voorlopig ontwerp in de black box van Mind Building gooien en uiteindelijk biedt Mind Building de gewenste huisvesting.

Tevens biedt optie twee de mogelijkheid om als Mind Building naar buiten te treden. Dit maakt het makkelijker om eventueel ook andere aannemers met het systeem te laten bouwen. Ik zie dit niet als concurrentie voor Vos Bouwdivisie, maar juist als een aanvulling voor het systeem, maar ook voor Vos Bouwdivisie. Op deze manier kan meer schaal worden gecreëerd voor de supply chain van Mind Building, wat de kostprijs ten goede komt. Meer schaal betekent tevens meer mogelijkheden bij de suppliers en suppliers zijn eerder geneigd om ook voor Mind Building te gaan produceren.

§ 5.2. Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

Naar aanleiding van dit onderzoek zijn mijn inziens de volgende vragen interessant om te onderzoeken:

- Dit onderzoek is gebaseerd op één bouwconcept in ontwikkeling. Hoe ziet de invulling van supply chains eruit in andere productarchitecturen in een bouwspecifieke setting? En komt dit overeen met de gevormde supply chain van Mind Building.
- Welke doorlooptijd heeft de ontwikkeling van een nieuw ontwerp uitgewerkt in Mind Building?
- Hoe presteert de gevormde supply chain van Mind Building?
- Adopteren meer bedrijven in de bouw het concept van combinatorial modularity en de bijbehorende strategie zoals Salvador et al. (2002a, 2002b) dit voorstellen?



6 Literatuurlijst

- Baldwin, C.Y., K.B. Clark (1997), *Managing in an age of modularity*, Harvard Business Review, September-October 1997
- Barlow, James, Paul Childerhouse, David Gann, Séverine Hong-Minh, Moh Naim, Ritsuko Ozaki (2003), *Choice and delivery in housebuilding: lessons from Japan for UK housebuilders*, Building Research & Information, 2003, 31(2), pp 134-145
- Beamon, Benita M. (1999), *Measuring supply chain performance*, International Journal of Operations and Production Management, 1999 Vol. 19, No. 3. pp. 275-292
- Dyer, Jeffrey H., Dong Sung Cho, Wujin Chu (1998), *Strategic Supplier Segmentation: The next "best practice" in supply chain management*, California Management Review, Volume 40, Number 2, Winter 1998, pp.57-77
- Fine, Charles H., Daniel E. Whitney (1999), *Is the Make-Buy Decision Process a Core Competence?*, MIT Symposium on Technology Supply Chains, MIT Center for Technology, Policy, and Industrial Development
- Fixson, Sebastian K. (2005), *Product architecture assessment: a tool to link product, process, and supply chain design decisions*, Journal of Operations Management, Vol. 23 (2005) 345-369
- Fixson, Sebastian K., Ro Young, Jeffrey K. Liker (2004), *Modularization and outsourcing: Who drives whom? A study of generational sequences in the U.S. automotive cockpit industry*, Working paper, February 2004
- Halman, J.I.M., A.P. Hofer, W. van Vuuren (2003), *Platform-Driven Development of Product Families: Linking Theory with Practice*, Journal of Product Innovation Management, 20 (2) pp. 149-162
- Hofman, Erwin (2006), *Housing, Demand - Design - Supply*, Universiteit Twente, Phd. Research Project Description, Department of Construction Management & Engineering
- Hofman, Erwin (2004), *Modulair Consumentgericht Bouwen. Een onderzoek als aanzet voor een modulair consumentgericht bouwprincipe*, Afstudeerscriptie, Juni 2004, Universiteit Twente
- Hsuan, Julia (1998), *Modularization in Black-Box Design: Implications for supplier-Buyer Partnerships*, Paper, prepared for the DRUID Winter Conference January 7-9, 1999, Holte, Denmark
- Hsuan, Juliana (1999), *Impacts of supplier-buyer relationships on modularization in new product development*, European Journal of Purchasing & Supply Management, No. 5 (1999), pp. 197-209
- Karlsson, C., R. Nellore, K. Söderquist (1998), *Black Box Engineering: Redefining the role of product specifications*, Journal of Product Innovation Management, 1998;15: pp. 534-549
- Krishnan, V., Karl T. Ulrich (2001), *Product development decisions: A review of the literature*, Management Science, Vol. 47, No. 1, January 2001 pp. 1-21



- Langlois, Robert N., Paul R. Robertson (1992), *Networks and innovation in a modular system: Lessons from the microcomputer and stereo component industries*, Research Policy, 21 (1992) pp. 297-313
- Martin, Mark V., Kosuke Ishii (2002), *Design for variety: developing standardized and modularized product platform architectures*, Research in Engineering Design, 13 (2002) pp. 213-235
- Mikkola, Juliana Hsuan, Tage Skjott-Larsen (2004), *Supply-chain integration: implications for mass customization, modularization and postponement strategies*, Production Planning & Control, Vol. 15, No. 4, June 2004, pp. 352-361
- Momme, Jesper, Morten M. Moeller, Hans-Henrik Hvolby (2000), *Linking Modular Product Architecture to the Strategic Sourcing Process: Case Studies of Two Danish Industrial Enterprises*, International Journal of Logistics, Vol. 3, No. 2, 2000
- Naim, Mohamed, James Barlow (2003), *An innovative supply chain strategy for customized housing*, Construction Management and Economics, September 2003 21, pp. 593-602
- Novak, Sharon, Steven D. Eppinger (2001), *Sourcing by design: Product complexity and the supply chain*, Management Science, Vol. 47, No. 1, January 2001 pp. 189-204
- Randall, Taylor, Karl Ulrich (2001), *Product variety, supply chain structure and firm performance: Analysis of the U.S. bicycle industry*, Management Science, Vol. 47, No. 12, December 2001 pp. 1588-1604
- Salvador, F., C. Forza, M. Rungtusanatham (2002a), *Modularity, product variety, production volume, and component sourcing: theorizing beyond generic prescriptions*, Journal of Operations Management, Vol. 20 (2002) pp. 549-575
- Salvador, F., C. Forza, M. Rungtusanatham (2002b), *How to mass customize: Product architectures, sourcing configurations*, Business Horizons, July - August 2002, pp. 61-69
- Salvador, F., M. Rungtusanatham, C. Forza (2004), *Supply-chain configurations for mass customization*, Production Planning & Control, Vol. 15, No. 4, June 2004, pp. 381-397
- Sharman, David M., Ali A. Yassine (2004), *Characterizing Complex Product Architectures*, Systems Engineering, Vol. 7, No. 1, 2004, pp. 35-60,
- Sosa, Manuel E., Steven D. Eppinger, Craig M. Rowles (2004), *The misalignment of product architecture and organizational structure in complex product development*, Management Science, Vol. 50, No. 12, December 2004 pp. 1674-1689
- Sosa, Manuel E., Steven D. Eppinger, Craig M. Rowles (2003), *Identifying modular and integrative systems and their impact on design team interactions*, Journal of Mechanical Design, Vol. 125, June 2003, pp. 240-252
- Ulrich, K.T. (1995), *The role of product architecture in the manufacturing firm*, Research Policy, 24 (1995) pp.419-440
- Ulrich, K.T., D.J. Ellison (2005), *Beyond make-buy: Internalization and integration of design and production*, Afstudeerscriptie, Volume: 14, Issue: 3, pp.315-330
- Veenstra, Vanessa S. (2005), *Thuis in het ontwerpen van platforms*, Afstudeerscriptie, Juni 2005, Universiteit Twente



- Veenstra, Vanessa S., J.I.M. Halman, J.T. Voordijk (2006), *A methodology for developing product platforms in the specific setting of the housebuilding industry*, *Research in Engineering Design*, 17:157-173
- Verschuren, Piet, Hans Doorewaard (2004), *Het ontwerpen van een onderzoek*, Uitgeverij LEMMA BV, Utrecht, Derde druk, vijfde oplaag ISBN 90-5189-886-X
- Yin, Robert K. (2003), *Case Study Research: Design and Methods*, SAGE Publications, United States, 3rd edition, ISBN 0-7619-2553-8



Colofon

Docent: **Prof.dr.ir. J.I.M. Halman (Joop)**
(Professor)

Adres: Universiteit Twente
Construerende Technische Wetenschappen
Civiele Techniek, Afdeling Bouw/ Infra
Postbus 217
7500 AE Enschede

Kamer: Horststoren 307

E-mail: j.i.m.halman@utwente.nl

Tel.: +31 (0)53 489 3934

Docent: **Dr. J.T. Voordijk (Hans)**
(Universitair Hoofddocent)

Adres: Universiteit Twente
Construerende Technische Wetenschappen
Civiele Techniek, Afdeling Bouw/ Infra
Postbus 217
7500 AE Enschede

Kamer: Horststoren 313

E-mail: j.t.voordijk@utwente.nl

Tel.: +31 (0)53 489 4214

Ir. E. Hofman (Erwin)
(Promovendus)

Adres: Universiteit Twente
Construerende Technische Wetenschappen
Civiele Techniek, Afdeling Bouw/ Infra
Postbus 217
7500 AE Enschede

Kamer: Horststoren 300

E-mail: e.hofman@utwente.nl

Tel.: +31 (0)53 489 6865



Student: **B. de Jonge (Berri)**
Adres (thuis): Broek 43a
9511 PR Gieterveen
E-mail: b.dejonge@student.utwente.nl
Tel. (thuis): +31 (0)599 648 763
Mobiel: +31 (0)6 5244 7562



Bijlage 1: Kernbegrippen & definities

Momme et al. 2000, vertaald door Robert Schuttinga

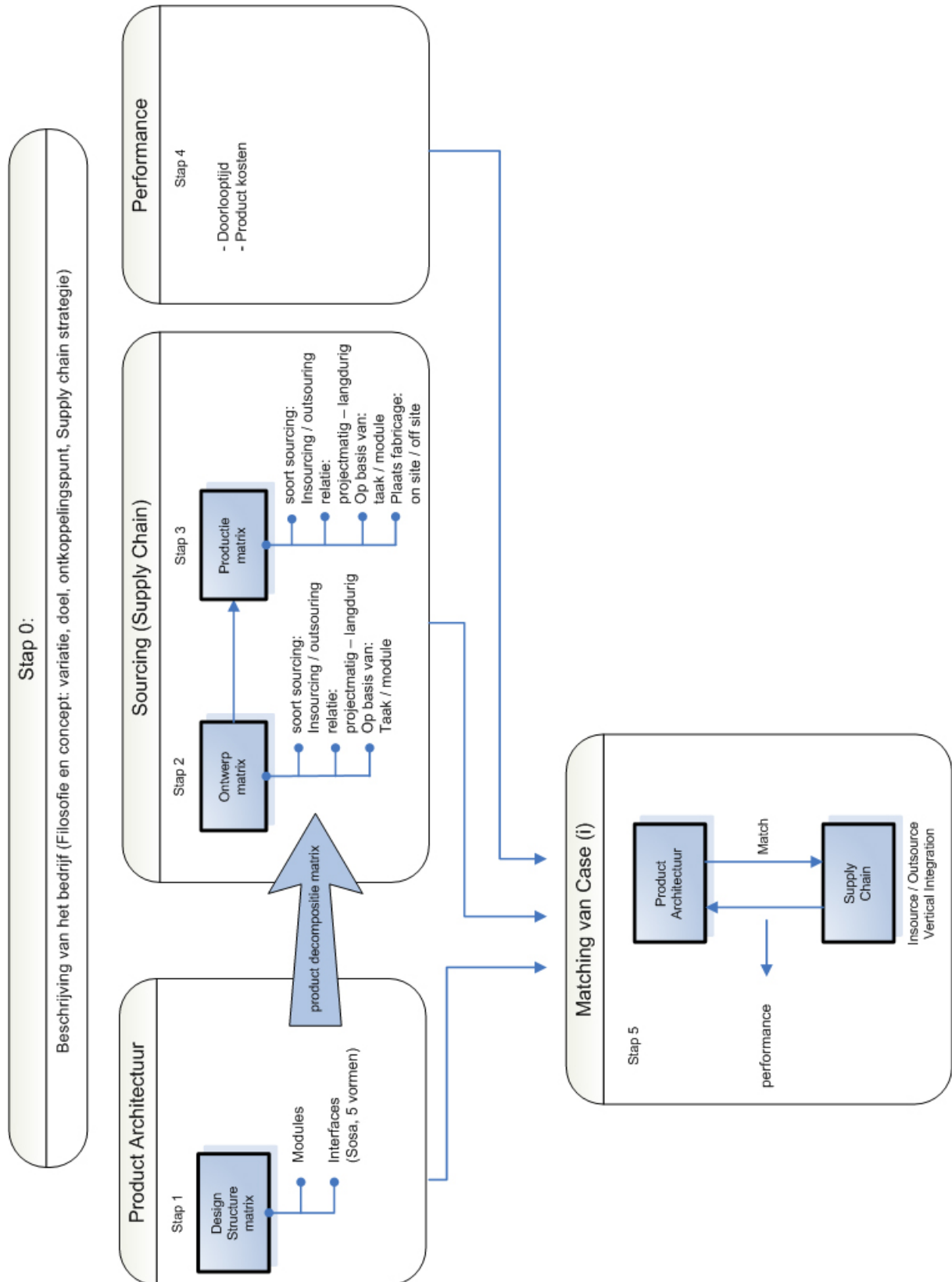
Begrip	Definitie
Strategic sourcing	Het proces vindt plaats wanneer een bedrijf vast stelt of het producten of interne service levert of door een extern leverancier netwerk. De bekwaamheden die geleverd worden door de leverancier bevatten een hoge mate van kennis en zijn het meest vergelijkbaar met interne (binnenshuis) kern bekwaamheden. (Momme et al., 2000)
Outsourcing	Het proces vindt plaats wanneer een bedrijf een contractuele relatie aangaat met een leverancier aangaande supply (levering) van capaciteit, dat eerder intern werd geleverd. De leverancier zal de eigendom en besluitvormingsrechten overnemen van de uitbestede functionele gebieden. (Momme et al., 2000)
Insourcing	Het omgekeerde proces van "outsourcing". Echter, de motieven verschillen met die van "outsourcing", meer focus op de aanneme van nieuwe technologieën. (Momme et al., 2000)
Make-or-buy	De op kosten gebaseerde beslissing om verbruiksartikelen intern (binnenshuis) te produceren of om ze te verkrijgen via leveranciers. (Momme et al., 2000)
In-house capacity	De som van geschikte activiteiten in een organisatie betrokken in de voorziening van producten of services, en vastgesteld door de visies, strategieën, organisatie structuur, behoefte en benodigheden van stakeholders en de concurrentie situatie. (Momme et al., 2000)
Modularisatie	Het proces van het bouwen van een product vanuit subsystemen die onafhankelijk kunnen worden ontworpen, maar als een geheel functioneren. Overgenomen van Baldwin and Clark (1997).
Productarchitectuur	Het proces van decompositie van een product ontwerp in componenten en specificatie van de interfaces die de functionele fit tussen deze componenten vast stelt. Overgenomen van Henderson and Clark (1990) and Sanchez (1996).
Modulaire Productarchitectuur	Een speciale vorm van product ontwerp waarin standaard interfaces tussen componenten zijn gespecificeerd om zo een bepaalde variatie toe te staan. Daarbij kunnen componenten worden vervangen in een product om een flexibele architectuur te creëren. Overgenomen van Sanchez and Mahoney (1996) and Hsuan (1999).
Core competenties	Technische, handelbare, sociale of legale subsystemen geïntegreerd in diverse technologieën, vaardigheden en middelen om producten, componenten of services te leveren die een hoge waarde toevoegen aan een organisatie en concurrentie bevordert. Overgenomen van Tampoe (1994).
Asset specificity	De unieke associatie van bijzondere bekwaamheden met één enkele transactie. Dit kunnen natuurlijke of technische hulpmiddelen zijn, i.e. fysieke assets (gebouwen en materieel), kennis gebaseerde en opererende procedures. Sommige zijn zichtbaar terwijl vele tastbaar zijn, maar mogelijk meer belangrijk.
Platform denken	Platform denken is het proces van het identificeren en verkennen van overeenkomsten tussen wat een bedrijf aanbiedt, doel markten, en het proces van het creëren en leveren van wat je aanbiedt (Halman et al 2003).



Product platform	Een product platform kan worden gedefinieerd als een set van subsystemen en interfaces die een gemeenschappelijke structuur vormen van waaruit een stroom van afgeleide producten efficiënt ontwikkeld en geproduceerd kan worden (Sawhney, 1998).
Product platform	Een product platform kan worden gedefinieerd als een set van subsystemen en interfaces die een gemeenschappelijke structuur vormen van waaruit een stroom van afgeleide producten efficiënt ontwikkeld en geproduceerd kan worden (Sawhney, 1998).
Product familie	De stroom van afgeleide producten vormen samen het product familie. Een product familie is de verzameling van producten die dezelfde bedrijfsmiddelen /activa (assets) delen.
Interfaces	De interfaces vormen het schema waarmee de modules op elkaar inwerken(interact) en communiceren.
Standaarden	De standaarden zijn de ontwerp regels waaraan de modules zich schikken(aanpassen).
Modules	In product ontwikkeling literatuur zijn modules gedefinieerd als gemeenschappelijke, gestandaardiseerde en bestaande onderdelen met een specifieke functie (Sanchez and Mahoney, 1996; Schilling, 2000; Baldwin and Clark, 2000; Wolters, 2001).
Supply chain	Krishnan and Ulrich (2001) definiëren supply chain als volgt: de interne en externe stromen van zowel materialen als kennis en diensten in een bedrijf.
Supply chain management (SCM)	Supply chain management kan worden gedefinieerd als de management en integratie van het geheel aan business processen die voorzien in producten, services en informatie die waarde toevoegen voor de klanten (Cooper et al, 1997).

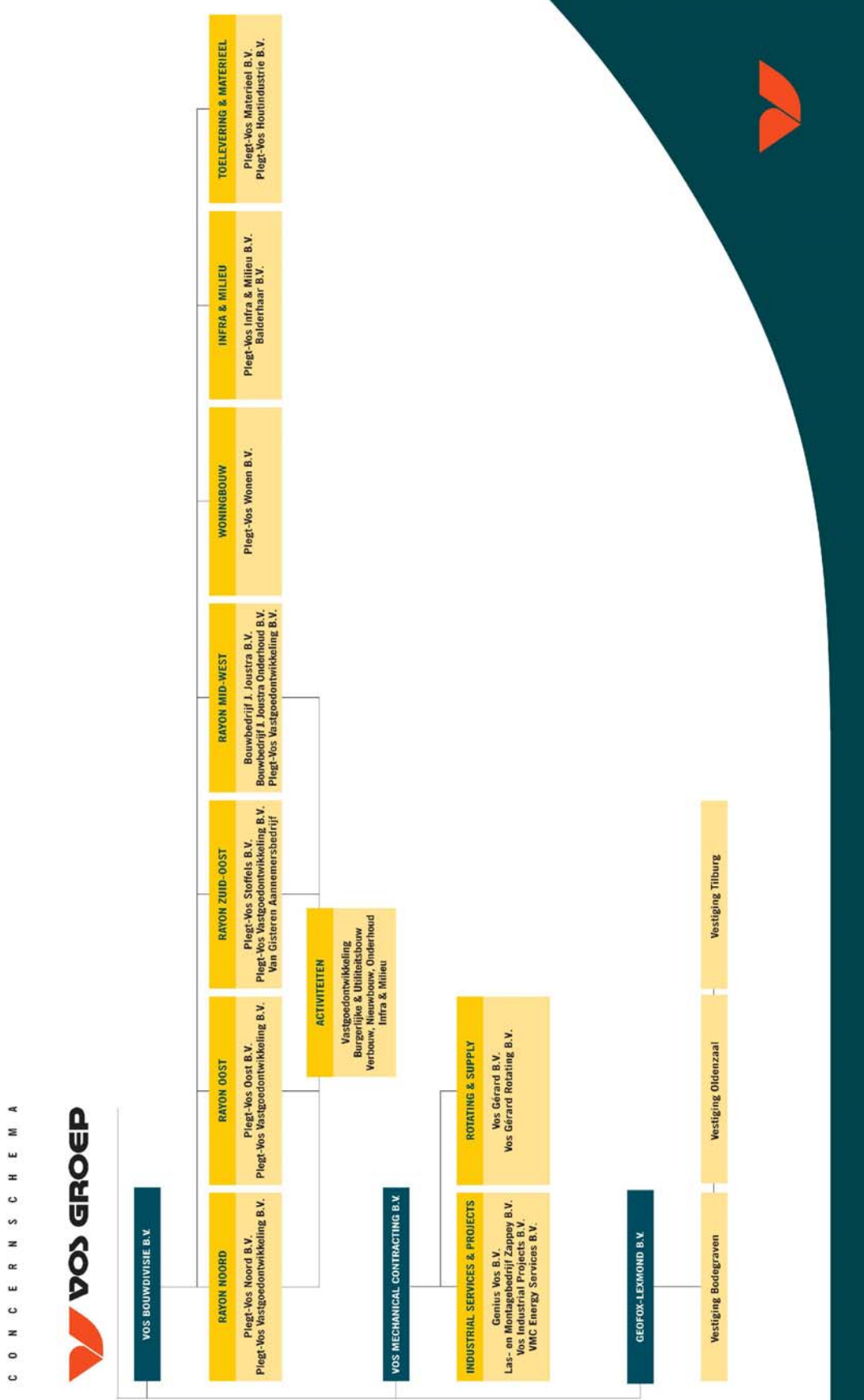


Bijlage 2: Stappenplan Case Study Protocol



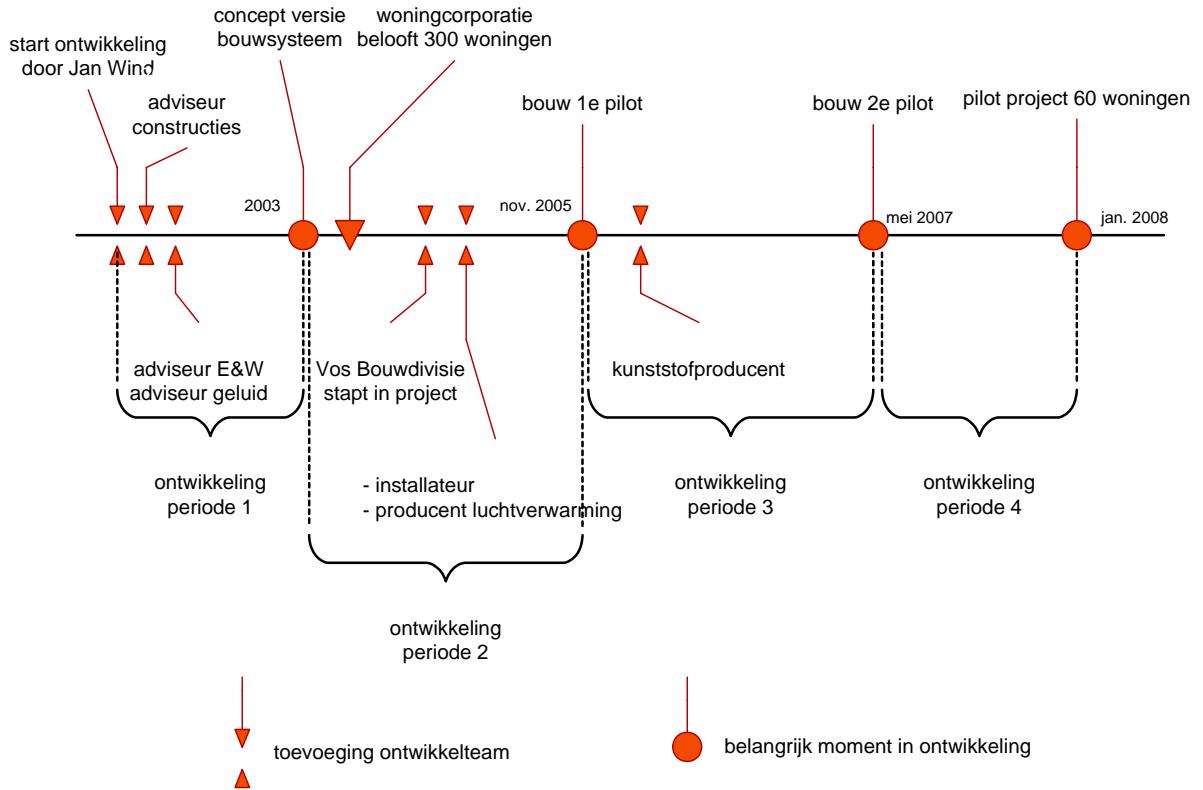


Bijlage 3: Concernschema



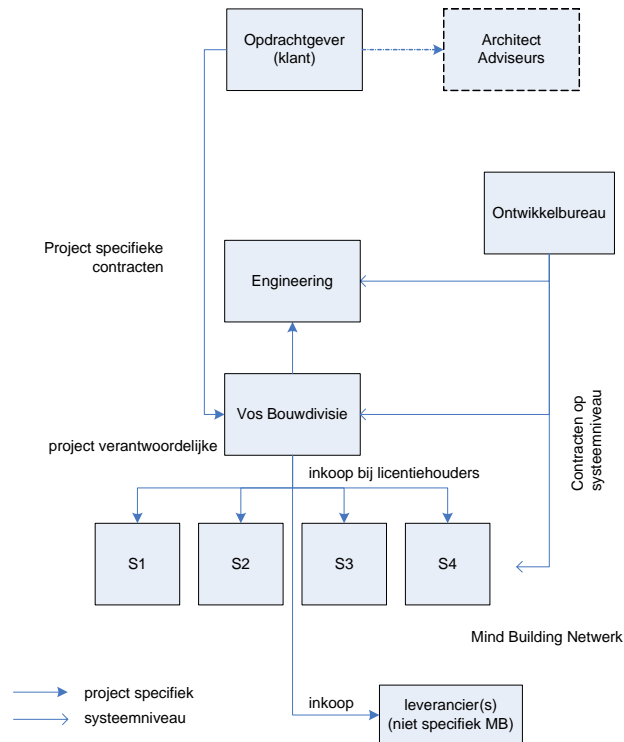


Bijlage 4: Tijdbalk ontwikkeling

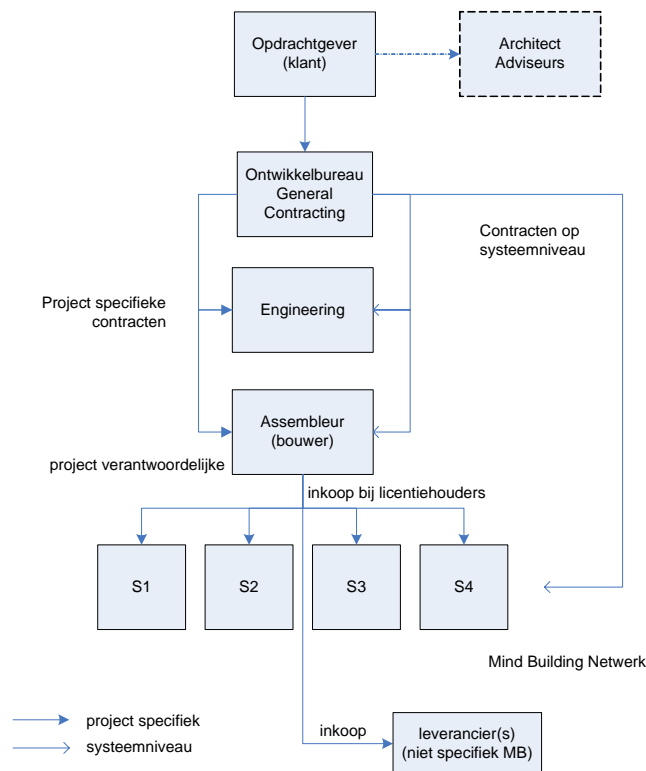




Bijlage 5: Opties contractuele relaties



Optie 1 - Aannemer als contractpartij voor opdrachtgever



Optie 2 - Ontwikkelbureau als contractpartij voor de opdrachtgever